COURS
de
SCIENCES PHYSIQUES
et
CHIMIQUES
Appliquées aux Arts Militaires

4e. Partie.

COURS de SCIENCES PHYSIQUES et CHIMIQUES Appliquées aux Arts Militaires

PAR

CH. EMY,

Capitaine d'Artillerie,

Professeur à l'École d'Application
de l'Artillerie et du Génie.

4.e Section.

Fabrication des Projectiles, des Flasques d'affûts de Mortiers, des Essieux et des Ancres.

Lithog. de l'École d'Application de l'Artill.e et du Génie.

Juillet 1847.

Table des Matières.

Chapitre I. Fabrication des projectiles.

Notions préliminaires.

Chapitre 2. Fabrication des flasques d'affûts de mortiers.

Chapitre 3. Fabrication des essieux.

Chapitre 4. Fabrication des Ancres.

Errata.

Pages.	Lignes.	Au lieu de	Lisez
2	23	rugorités	rugosités
3	17	le noyau qui	le noyau et qui
8	8	s'égrèineraient	s'égrèneraient
17	18	passé dans le trépied	passé dans l'hémisphère inférieur et dans le trépied
id	21	On place l'hémisphère	L'hémisphère
id	22	à noyau préalablement	à noyau est préalablement
20	16	la propriété	les propriétés
24	dernière	de l'œil	de l'œil du mentonnet

25 après la ligne 19 ajoutez :

Pour tracer l'arc de raccordement du dessus du mentonnet avec la bombe, on peut aussi mener le rayon ex parallèle à fb, joindre bx qui coupe en K' l'arc du dessus du mentonnet, puis joindre eK' qui, par sa rencontre avec fb, détermine le centre y ou le rayon by de l'arc de raccordement bK'. Cet arc bK' est tangent en b au cercle de la bombe, et pour prouver qu'il est également tangent à l'arc du dessus du mentonnet, il suffit de faire voir que la distance des centres ey est égale à la somme des rayons eK', by, ou que $K'y = by$.

Or l'angle $exK' = K'by$ et $eK'x = bK'y$, mais $exK' = eK'x$, donc $K'by = bK'y$, donc aussi $K'y = by$.

Ce tracé offre, il est vrai, l'avantage de donner immédiatement le centre y, le rayon by de l'arc de raccordement, et le point K' où cet arc se raccorde avec celui du dessus du mentonnet; mais vu l'obliquité de la ligne bx sur l'arc xK', le point K' n'est pas nettement déterminé; il en résulte de l'incertitude dans la direction de la

ligne eK' et par suite dans la position du point y. Le premier tracé pourra donc paraître préférable à celui-ci.

Pages.	Lignes.	Au lieu de.	Lisez.
28	4	l'avons l'avons dit	l'avons déjà dit
31	20	pour faire ainsi que nous allons le voir, soit	pour faire soit
id.	21	la forme voulue, soit	la forme voulue ainsi que nous allons le voir.
33	23	du chassis	du chassis A,
id.	id.	fausse-pièce	fausse-pièce A',
id.	en marge.	forme du chassis	forme des chassis
34	dernière.	distance du	distance ab du
35	9	embase	surépaisseur ac
id.	11	La hauteur du corps	La hauteur bd du corps
38	3	de fonte;	de fonte,
id.	23	de moulerie	de moulerie R
41	5	fig. 48	fig. 49
44	5	du faux arbre	de l'arbre à noyau
id.	9	planche	planche S
48	9	devraient	devront
49	sous la 2.e ligne – titre omis		Moulage en sable.
53	4	fesant	faisant
id.	7	différences	défauts
id.	16	fig. 72, 73 et 74	fig. 71, 72, 73 et 74
id.	en marge	id.	id.
56	26	fig. 82 et 83	fig. 82
id.	en marge	id.	id.

Pages.	Lignes	Au lieu de.	Lisez.
57	19	au moule, et on fait	au moule; puis dans le but
"	"		d'éviter un refroidissement trop
"	"		prompt, on fait
id	21	avec peine,	avec peine.
59	7	ils subissent	les boulets subissent

id au lieu des lignes 13, 14 et 15 mettez:

Pour les boulets ces instruments consistent, pour chaque calibre, 1° dans deux lunettes dites lunettes de réception fig. 83, qui diffèrent l'une de l'autre par leur diamètre intérieur: une grande dans laquelle les boulets doivent passer sur tous les sens, et une petite dans laquelle ils ne doivent passer sur aucun sens. Les lunettes sont en acier, ou en fer; dans le deuxième cas le bord intérieur est aciéré.

Pour vérifier leur diamètre intérieur qui peut s'agrandir par le service, il y a pour chacune d'elles une Rondelle d'acier, ou Anneau plat R fig. 83 dont le diamètre extérieur est égal au diamètre intérieur de la lunette; mais pour que les deux lunettes relatives à un même calibre puissent se vérifier réciproquement, on a ménagé en dehors de chacune d'elles deux épaulements d d' dont la distance est égale au diamètre intérieur de l'autre lunette.

Page 60, à la suite de la première ligne, mettez:

Le diamètre intérieur de ce cylindre s'agrandissant par le service, on le vérifie comme celui des lunettes à l'aide d'une rondelle R figure 84, qui est pourvue d'une douille pour que l'on puisse la placer dans le cylindre à diverses profondeurs. Il y a de plus une Rondelle de rebut, plus grande que celle-ci de $0^{mil},2$, servant à constater que le cylindre, étant agrandi à ce point, doit être rebuté.

COURS
de
SCIENCES PHYSIQUES
et
CHIMIQUES

Appliquées aux Arts Militaires

PAR

CH. EMY,

Capitaine d'Artillerie,
Professeur à l'École d'Application
de l'Artillerie et du Génie.

4e Section.

Fabrication des Projectiles, des Flasques d'affûts de Mortiers, des Essieux et des Ancres.

Lithog. de l'École d'Application de l'Artill.ie et du Génie.

Juillet 1847.

Table des Matières.

Chapitre I. Fabrication des projectiles.

Notions préliminaires.

Chapitre 2. Fabrication des flasques d'affûts de mortiers.

Chapitre 3. Fabrication des essieux.

Chapitre 4. Fabrication des Ancres.

Errata.

Pages.	Lignes.	Au lieu de	Lisez
2	23	rugorités	rugotités
3	17	le noyau qui	le noyau et qui
8	8	s'égreineraient	s'égrèneraient
17	18	passé dans le trépied	passé dans l'hémisphère inférieur et dans le trépied
id	21	On place l'hémisphère	L'hémisphère
id	22	à noyau préalablement	à noyau est préalablement
20	16	la propriété	les propriétés
24	dernière	de l'œil	de l'œil du mentonnet

35 après la ligne 19 ajoutez :

Pour tracer l'arc de raccordement du dessus du mentonnet avec la bombe, on peut aussi mener le rayon ex parallèle à fb, joindre bx qui coupe en K' l'arc du dessus du mentonnet, puis joindre eK' qui, par sa rencontre avec fb, détermine le centre y ou le rayon by de l'arc de raccordement bK'. Cet arc bK' est tangent en b au cercle de la bombe, et pour prouver qu'il est également tangent à l'arc du dessus du mentonnet, il suffit de faire voir que la distance des centres ey est égale à la somme des rayons eK', by, ou que $K'y = by$.

Or l'angle $exK' = K'by$ et $eK'x = bK'y$, mais $exK' = eK'x$, donc $K'by = bK'y$, donc aussi $K'y = by$.

Ce tracé offre, il est vrai, l'avantage de donner immédiatement le centre y, le rayon by de l'arc de raccordement, et le point K' où cet arc se raccorde avec celui du dessus du mentonnet; mais vu l'obliquité de la ligne bx sur l'arc xK', le point K' n'est pas nettement déterminé; il en résulte de l'incertitude dans la direction de la

ligne eK' et par suite dans la position du point y. Le premier tracé pourra donc paraître préférable à celui-ci.

Pages.	Lignes.	Au lieu de.	Lisez.
28	4	l'avons l'avons dit	l'avons déjà dit
31	20	pour faire ainsi que nous allons le voir, soit	pour faire soit
id.	21	la forme voulue, soit	la forme voulue ainsi que nous allons le voir.
33	23	du chassis	du chassis A,
id.	id.	fausse-pièce	fausse-pièce A',
id.	en marge.	forme du chassis	forme des chassis
34	dernière.	distance du	distance ab du
35	9	embase	surépaisseur ac
id.	11	La hauteur du corps	La hauteur bd du corps
38	3	de fonte;	de fonte,
id.	23	de moulerie	de moulerie R
41	5	fig. 48	fig. 49
44	5	du faux arbre	de l'arbre à noyau
id.	9	planche	planche S
48	9	devraient	devront
49	sous la 2e ligne — titre omis		Moulage en sable.
53	4	fesant	faisant
id.	7	différences	défauts
id.	16	fig. 72, 73 et 74	fig. 71, 72, 73 et 74
id.	en marge	—— id. ——	—— id. ——
56	26	fig. 82 et 83	fig. 82
id.	en marge	—— id. —	— id. —

Pages.	Lignes	Au lieu de.	Lisez.
57	19	au moule, et on fait	au moule; puis dans le but
"	"		d'éviter un refroidissement trop
"	"		prompt, on fait
id.	21	avec peine,	avec peine.
59	7	ils subissent	les boulets subissent

id. au lieu des lignes 13, 14 et 15 mettez:

Pour les boulets ces instruments consistent, pour chaque calibre, 1° dans deux lunettes dites lunettes de réception fig. 83, qui diffèrent l'une de l'autre par leur diamètre intérieur: une grande dans laquelle les boulets doivent passer sur tous les sens, et une petite dans laquelle ils ne doivent passer sur aucun sens. Les lunettes sont en acier, ou en fer; dans le deuxième cas le bord intérieur est aciéré.

Pour vérifier leur diamètre intérieur qui peut s'agrandir par le service, il y a pour chacune d'elles une Rondelle d'acier, ou Anneau plat R fig. 83 dont le diamètre extérieur est égal au diamètre intérieur de la lunette; mais pour que les deux lunettes relatives à un même calibre puissent se vérifier réciproquement, on a ménagé en dehors de chacune d'elles deux épaulements d d' dont la distance est égale au diamètre intérieur de l'autre lunette.

Page 60, à la suite de la première ligne, mettez:

Le diamètre intérieur de ce cylindre s'agrandissant par le service, on le vérifie comme celui des lunettes à l'aide d'une rondelle R figure 84, qui est pourvue d'une douille pour que l'on puisse la placer dans le cylindre à diverses profondeurs. Il y a de plus une Rondelle de rebut, plus grande que celle-ci de 0,mil 2, servant à constater que le cylindre, étant agrandi à ce point, doit être rebuté.

Page 60 au lieu des lignes 18 à 24. mettez:

figures 85 à 90. Les instruments vérificateurs pour les projectiles creux sont:

1° Deux lunettes par calibre fig. 83, une grande et une petite qui ne diffèrent que par leur diamètre intérieur, et servant à vérifier le diamètre des projectiles (108). Les lunettes pour bombes fig. 85, ont deux poignées pour être maniées commodément malgré leur grand poids. Ces lunettes se vérifient à l'aide de rondelles R fig. 83, ou bien l'une par l'autre au moyen de la distance dd' comme on l'a vu (108).

2° Un vérificateur des diamètres intérieur et extérieur de l'œil fig. 86.

3° Un vérificateur des épaisseurs à l'œil fig. 87, tige graduée l avec un curseur m servant pour tous les calibres. Dans les forges on emploie aussi, pour vérifier les épaisseurs des parois autour de l'œil, un calibre vérificateur fig. 88, en tôle; deux échancrures indiquent la plus grande et la plus petite épaisseur qu'on tolère, une troisième donne l'épaisseur moyenne.

4° Un compas d'épaisseur à branches courbes fig. 89. Il y en a un par calibre pour que l'on puisse introduire l'une des branches dans le projectile. Quand les branches courbes sont en contact il faut que la branche droite, mobile sur l'arc gradué, soit sur le zéro de la division.

5° Un compas à coulisse et à Vernier, fig. 90, pour mesurer l'épaisseur des projectiles dans la partie opposée à l'œil: il y en a un pour les obus de 22 centimètres et pour les bombes, un autre pour les projectiles plus petits. Un guide e ou tampon tronconique percé s'adapte à l'œil du projectile et sert à diriger la sonde f qu'on y introduit. La règle graduée g avec curseur h sert à indiquer l'épaisseur dans la partie opposée à l'œil. La tige mobile i est adaptée par une vis K au

curseur. Quand cette tige est en contact avec la sonde f le zéro du curseur doit coïncider avec celui de la règle.

6° Enfin un cylindre en bronze fig. 84, par calibre d'obus, avec sa rondelle de réception et sa rondelle de rebut.

Pages.	Lignes.	Au lieu de.	Lisez.
61.	20	tous boulets	tous les boulets
66.	7	deux pédales	les deux pédales du soufflet
76	28	(3)	(28)
77	2	extérieure	du fond
87	20	à 125	à 135
90	8	la place	qu'il place
92	5	de $0^m,118$ à $0^m,140$	de $0^m,120$ à $0^m,130$
id°	id°	de $0^m,480$ à $0^m,735$	de $0^m,660$ à $0^m,850$
93	19	à celles	à celle
96	7	des calibres	de calibres
100	1	portée	proximité
	en marge	figures 139 et 140	figures 139, 140 et 141.
id°	13	id°	id°
	en marge	figures 141, 142, 143 et 144.	figures 142, 143 et 144.
id°	22	id°	id°
102	5	l'axe sur	l'axe du tour sur
id°	10	fig. 46	fig. 146
id°	21	E	K
id°	23	F	I
104	8	exactes	exacts
id°	dernière	alors	ensuite
105	17	$0^m,0065$	$0^m,0067$
id°	21	et qui	ou qui

Pages.	Lignes.	Au lieu de.	Lisez.
105	en marge	Epreuves	Epreuve
108	4	bon	bons
id.	19	meilleur	meilleure
112	11	ou excès	en excès
116	en marge	pour le jas	Epreuve du jas.
id.	18	arténaux	artenaux.

Cours de Sciences Physiques et Chimiques appliquées aux arts militaires.

4e. Section.

Fabrication des projectiles pour bouches à feu, des flasques d'affûts de mortiers, des essieux et des ancres.

Chapitre 1er.

Fabrication des Projectiles.(*)

Notions Préliminaires.

Motifs qui font employer la fonte de fer pour fabriquer les Projectiles.

1. La fonte de fer, par suite de ses propriétés physiques, est la matière la plus propre pour faire les projectiles employés dans les bouches à feu; sa dureté et sa ténacité permettent aux projectiles, animés d'une grande vitesse et qui possèdent une masse convenable, de pénétrer dans des corps même très-résistants, comme les revêtements des remparts que l'on veut battre en brèche, en même temps que ces projectiles servent très-efficacement contre les hommes, contre les chevaux et contre les obstacles matériels dont on se sert à l'armée.

D'ailleurs si par suite de sa densité, qui n'est pas très-forte, la fonte n'est pas aussi favorable que d'autres métaux plus denses pour donner une grande masse et une grande vitesse aux projectiles, on peut dire que son prix peu élevé et sa fusibilité, qui

(*) Il n'est ici question que de la fabrication des projectiles pour bouches à feu. Celle des balles de plomb pour armes à feu portatives fait partie du Cours de Pyrotechnie.

permet d'obtenir facilement ces projectiles en les coulant dans des moules construits exprès, sont des avantages précieux qui la font préférer pour cette fabrication.

La grande malléabilité du fer chauffé au rouge permet d'employer aussi ce métal pour en faire de petits projectiles, et comme nous le verrons plus loin (116), on fabrique des balles en fer forgé pour le tir à balles des pièces de campagne. Les gros projectiles en fer pourraient offrir des avantages; mais le prix élevé du fer et une fabrication nécessairement plus difficile et plus couteuse que pour les projectiles en fonte s'opposeraient à ce qu'on employât ce métal pour des projectiles autres que les balles, si sa prompte oxidation ne le faisait rejeter pour des projectiles qui sont constamment exposés à l'air humide.

Conditions auxquelles les projectiles doivent satisfaire.

2. Le cours d'artillerie professé à l'Ecole d'application renferme toutes les considérations théoriques et pratiques que l'on peut désirer sur la forme, les dimensions, les poids, l'emploi et les effets des projectiles de toutes espèces et sur la matière dont ils sont faits, et comme il ne s'agit ici que de leur fabrication, nous nous contenterons de rappeler quelques unes des conditions aux quelles ils doivent satisfaire.

Les projectiles, dont on fait actuellement usage dans les bouches à feu, doivent être parfaitement sphériques, avoir une surface lisse sans rugosités ni soufflures et exempte de couture, c'est-à-dire, qu'il ne doit pas rester de trace de bavure de fonte à la réunion des deux parties du moule dans lequel ils sont coulés.

Ils doivent avoir les poids et les diamètres fixés par les règlements (*).

(*) Voyez l'aide-mémoire d'artillerie, le Cours sur le service des Officiers dans les

Les projectiles creux doivent de plus présenter une concentricité parfaite entre leur surface extérieure et le vide intérieur, et une grande netteté dans le contour de l'œil ou lumière.

Enfin les bombes doivent encore être exemptes de défauts aux mentonnets et aux anneaux.

On ne peut satisfaire à ces diverses conditions qu'en prenant de minutieuses précautions dans la fabrication; mais avant d'entrer dans les détails que celle-ci comporte, il est bon de donner un aperçu de la confection du moule d'un projectile (fig. 1 et 2).

Aperçu du moulage en sable. Figures 1. et 2.

3. Dans du sable convenablement préparé, et tassé dans une caisse sans fond AA, appelée chassis, on ménage, à l'aide d'un ½ globe ou modèle d'un demi projectile, un vide a qui a les dimensions de la moitié du projectile qu'on veut obtenir, de sorte qu'en rapprochant deux de ces chassis AA, A'A' ou demi-moules on obtient le moule complet de ce projectile.

S'il s'agit d'un projectile creux, on dispose dans l'intérieur de ce moule une pièce B qu'on appelle le noyau qui sert à réserver le vide du projectile, de sorte que la fonte liquide versée dans le moule ne remplira que l'espace vide compris entre ce noyau et la paroi du moule. Ce noyau est établi sur un arbre en fer C qui permet de le soutenir dans le moule concentriquement à sa paroi intérieure, en le fixant à une traverse D nommée barette, laquelle s'appuie invariablement par ses bouts sur le chassis à mouler AA fig. 2.

A l'endroit où l'arbre du noyau traverse l'espace vide situé entre le noyau et le moule, cet arbre porte un autre petit noyau E, de même forme que l'œil du projectile, destiné à réserver l'œil lui-même dans la paroi du projectile.

---

forges et le règlement du 11 Juin 1841 sur le service de l'artillerie dans les forges.

Pour les bombes, il faut de plus ménager dans la paroi intérieure du moule deux vides bb qui, remplis par la fonte, doivent produire les anses ou mentonnets; mais pour que les anneaux de bombes se trouvent tout placés dans les anses, ces anneaux F sont eux-mêmes préalablement engagés dans le sable du moule pendant qu'on confectionne ce moule, de sorte qu'au moment de la coulée, la fonte liquide, arrivant dans le moule, enveloppe la partie rectiligne des anneaux, et donne lieu aux anses. On s'arrange pour que la fonte n'adhère pas à l'anneau (55).

Mais s'il s'agit d'un projectile plein, le moulage se simplifie beaucoup; il se borne à ménager un vide sphérique dans le sable du moule.

Dans tous les cas il faut que le chassis et le modèle, servant à faire le moule, soient l'un et l'autre de deux pièces, pour que l'on puisse démouler, c'est-à-dire retirer du moule le modèle et placer ensuite le noyau pour projectiles creux.

Il faut aussi ménager, dans le sable qui forme la paroi du moule, un conduit cd, pour introduire la fonte liquide dans le moule; ce conduit appelé Jet se compose de deux parties, l'une supérieure qui est le corps ou la tige du jet, l'autre inférieure qui est le talon; il doit satisfaire à des conditions particulières dont on parlera plus tard (67).

Matières nécessaires pour fabriquer les projectiles.

4. Pour faire les projectiles, il faut 1° de la fonte qui constitue les projectiles eux-mêmes. 2° du sable pour confectionner les moules et les noyaux et 3° du fer pour fabriquer les anneaux des bombes.

De la fonte pour projectiles.

5. La fonte blanche, habituellement plus froide que la fonte grise au sortir du haut-fourneau, remplit mal les moules, donne des projectiles trop petits et par conséquent beaucoup de rebuts; elle a

d'ailleurs l'inconvénient de mal se prêter à l'alésage de l'œil parce qu'elle est aigre et dure, et qu'elle éclate facilement; aussi est-elle rejetée de cette fabrication.

6. La fonte plus grise ou parfaitement grise ne doit pas non plus être employée parce qu'elle produit en général des projectiles trop gros, et parce qu'en s'épaississant, elle donne lieu à un dégagement considérable de graphite, carbone mêlé d'un peu de fer et de silice, lequel produit des surfaces poreuses, ridées, couvertes de crasses, en un mot graphiteuses, qui font également rejeter les projectiles.

7. C'est en partie par ces motifs, qu'en France on coule ordinairement les projectiles pour bouches à feu avec de la fonte gris-clair, de première fusion, de la meilleure qualité possible. Celle qui est connue sous le nom de fonte truitée, fonte mêlée, paraît très propre à cet usage. (*)

8. Les projectiles creux peuvent cependant se couler avec de la fonte d'une qualité inférieure parce qu'ils ne sont pas soumis aux opérations ultérieures du lissage et du rebattage que l'on fait subir aux boulets, pour lesquels il faut une fonte un peu meilleure, plus tenace, plus malléable et présentant après le rebattage une belle surface.

Ainsi les fontes légères et phosphoreuses qui peuvent servir sans inconvénients pour les projectiles creux, pourvu qu'elles leur donnent le poids réglementaire, ne conviennent nullement pour les boulets.

9. En général la fonte pour projectiles doit être coulante, non limailleuse ou graphiteuse, ni blanche, ni brûlée ou totalement grise, mais légèrement grise ou truitée et satisfaire d'ailleurs aux épreuves indiquées par les règlements pour constater sa ténacité, épreuves qui

(*) Cette fonte dite mêlée ne résulte pourtant pas du mélange opéré de toutes pièces de fonte blanche et de fonte grise; elle est ainsi nommée parce qu'elle renferme naturellement, et par suite de la conduite du haut-fourneau, de la fonte blanche et de la fonte grise en proportions variables.

consistent en ce qu'un barreau de cette fonte de 6 centimètres d'équarrissage, et de 20 centimètres de longueur, posé horizontalement sur deux chenets triangulaires, distants de 16 centimètres d'un sommet à l'autre, doit supporter, sans se rompre, le choc d'un boulet de 12 kilogrammes tombant librement sur lui d'une hauteur de $0^m,50$.

Si la fonte est destinée à couler des projectiles creux, on peut en outre éprouver sa ténacité en faisant éclater quelques obus de 16 centimètres qui doivent résister à une charge de poudre de 280 grammes enflammée au moyen d'une mèche à étoupille (*).

Cette fonte doit offrir aussi une certaine densité afin que les projectiles de divers calibres atteignent le poids minimum fixé par les réglements; c'est même parce que des fontes très-légères n'ont pu donner aux projectiles les poids voulus que quelques maîtres de forges ont dû renoncer à cette fabrication.

10. Remarquons d'ailleurs que les fontes obtenues au charbon de bois et celles obtenues au coke présentent des différences sensibles dans leurs diverses propriétés; le réglement a prescrit, quand le haut-fourneau marche au charbon de bois, de couler les projectiles en fonte de première fusion qui dans ce cas paraît avoir quelque supériorité sur celle de deuxième fusion. Mais quand on travaille au coke, on peut les couler en fonte de 2e fusion si celle de première ne satisfait pas aux conditions réglementaires de ténacité et de poids.

Les projectiles rebutés dans la fabrication pour défauts quelconques peuvent être refondus pour en faire d'autres. Mais la nouvelle fonte n'étant pas identiquement de même nature que la première, et n'offrant pas toutes les qualités désirables pour projectiles,

(*) Réglement sur le service de l'artillerie dans les forges, 11 Juin 1841, art. 45.

il faut, en opérant cette refonte au cubilot, y ajouter d'autre fonte suffisamment carburée ou de qualité convenable pour obtenir un métal tout à fait propre à l'objet qu'on se propose.

Les projectiles hors de service par l'usage ou par l'oxidation et qu'on appelle Caffuts, les vieux morceaux de fonte eux-mêmes peuvent aussi au besoin être refondus et donner des projectiles qu'on pourrait certainement employer. Mais ces vieilles fontes apportant avec elles dans le fourneau des corps étrangers et beaucoup d'oxide de fer qui décarburerait le métal, la nouvelle fonte n'aurait pas toutes les qualités voulues; il faudrait mêler à ces matières d'autres fontes convenablement choisies sous le rapport de la dose de carbone qu'elles renferment, pour qu'en définitif le cubilot fournît de la fonte de la qualité désirée.

La refonte des caffuts est une opération qui donne difficilement de bons produits et qu'on ne doit exécuter que dans des cas pressants et en prenant beaucoup de précautions.

Du Sable pour confectionner les moules et les noyaux.

11. Les moules de tous les projectiles en fonte, ainsi que les noyaux pour projectiles creux, se font actuellement en sable.

Qualité du sable pour moules.

12. Le sable employé pour faire les moules ne doit être ni trop gros ni trop fin (18); il doit être un peu gras, ou un peu liant, ce dont on juge tout simplement en le serrant dans la main où il doit faire pelote.

13 Le sable de mer n'est pas propre au moulage parce que les substances salines et déliquescentes qui adhèrent à ses grains ont le double inconvénient de faciliter sa vitrification au contact de la fonte liquide, ce qui s'oppose à ce qu'on obtienne des surfaces bien nettes, et de laisser les moules et les noyaux reprendre de l'humidité après leur dessiccation, ce qui occasionne des soufflures et

d'autres défectuosités dans les projectiles. A défaut d'autre sable, on doit, avant de l'employer, le bien laver ou l'exposer longtemps à l'action de la pluie.

14. Le sable de rivière est généralement trop maigre pour être employé à cet usage, c'est-à-dire, que trop pur ou trop lavé, il n'a pas assez de corps ou de liant, et ne peut s'agréger ou prendre de la consistance par la compression; les moules et les noyaux qui en seraient formés s'égrèneraient facilement et produiraient des projectiles défectueux. Tous les sables qui sont dans ce cas doivent être rejetés

15. Le sable fossile ou sable de carrière, ordinairement plus gras, c'est-à-dire, plus argileux, est généralement bon.

Cependant un sable trop gras a l'inconvénient de se prendre en matte par la compression qu'on doit lui faire subir dans le chassis pendant le moulage, de sorte qu'il s'oppose à la sortie des gaz et des vapeurs au moment de la coulée, ce qui donne lieu à des soufflures dans les projectiles et peut causer leur rebut.

Le sable ne doit pas renfermer de matières calcaires ni d'oxides qui, avec le silice, lui permettraient de se vitrifier à la surface intérieure du moule par l'arrivée de la fonte liquide, et de se braser sur elle. La matière vitreuse ainsi attachée aux projectiles leur donne un vilain aspect; leur surface raboteuse empêche de les dépouiller facilement de la matière du moule; il est vrai qu'au moyen de rapes on enlève en partie ces rugosités, mais outre que l'on perd du temps pour opérer le décroûtage, on ne peut polir la surface des projectiles, et les aspérités fort dures, qui persistent, détériorent beaucoup l'âme des bouches à feu pendant le tir.

Les sables calcaires donnent lieu d'ailleurs à des dégagemts.

de gaz par la calcination de ces calcaires au moment de la coulée, et par suite à des défauts qui peuvent faire rejeter les projectiles.

Le sable gras, lorsqu'il a été séché, n'a plus l'inconvénient de se prendre en masse; mais on ne doit pas pousser la dessication trop loin, parceque alors le sable n'ayant plus de consistance, le moule se détériore facilement. Néanmoins il est toujours avantageux d'employer le sable le plus sec et le plus maigre, pourvu toutes fois qu'on satisfasse encore à cette condition de conservation des moules, parcequ'avec les sables maigres les projectiles se dépouillent mieux de la matière du moule et sont généralement plus beaux, et parce que les sables les moins humides donnent aussi moins de défauts dus à l'évaporation de l'eau lors de la coulée.

Moyen d'empêcher le sable du moule d'adhérer au projectile.

16. Au surplus, pour empêcher le sable du moule d'adhérer au projectile et de se braser à sa surface, on a imaginé dans les forges des Ardennes de mêler au sable 1/6 ou 1/7 de son volume de houille réduite en poussière fine. Ce procédé très-simple, et très efficace, est suivi aujourd'hui dans tous les arrondissements des forges. Il est surtout avantageux pour les projectiles creux qui ne sont jamais soumis au lissage (96). Au reste, il suffit d'employer ce mélange pour les premières couches qui recouvrent les modèles ou qui seront en contact avec la fonte liquide (70). Mais la houille a l'inconvénient de donner des dégagements de gaz en se brûlant au moment de la coulée; Aussi faut-il ne pas dépasser les proportions indiquées ci-dessus.

Les Anglais emploient un moyen analogue: ils mêlent le sable avec de la poudre fine de charbon de bois; mais leurs projectiles sont moins beaux que les nôtres. On peut remarquer

à cette occasion que la fabrication dont il s'agit a fait en France dans ces dernières années de grands progrès et que nos projectiles sont incomparablement mieux faits qu'ils n'étaient autrefois.

17. On évite aussi la vitrification du moule et le bratage du sable sur le projectile en calcinant le sable avant de l'employer; ou bien encore en se servant du sable provenant des moules, lequel a subi la calcination par l'opération même du coulage. Le sable calciné ne se vitrifie plus si facilement, mais il est alors extrêmement sec, et présente les inconvénients signalés plus haut (14): il ne fait plus aussi bien corps, et donne des moules qui s'égrènent. Pour l'employer, il faut l'humecter un peu, le travailler de nouveau, y ajouter un peu de sable neuf, ou de sable gras pour lui rendre de la consistance.

18. La finesse du sable est d'ailleurs une qualité à considérer: Les sables très-gros employés pour faire les moules donnent aux projectiles des surfaces d'apparence grenue; le moule, offrant alors une grande porosité, permet au métal liquide de s'y infiltrer, ce qui contribue à rendre la surface du projectile plus rugueuse et le dépouillement moins facile. Le sable fin, au contraire, donne une surface plus polie; il s'oppose mieux aux infiltrations; mais, par suite du tassement qu'il éprouve pendant le moulage, les parois du moule prennent une grande compacité et le dégagement des vapeurs et des gaz, au moment de l'invasion du métal liquide, ne se fait pas aussi bien; il en résulte des soufflures qui donnent lieu à un grand nombre de rebuts, malgré les évents pratiqués dans le moule (73).

Préparation du sable pour moule.

19. Le sable tel qu'on le trouve dans la nature peut rarement servir à la confection des moules; il doit subir une préparation qui consiste à le sécher, à le passer au tamis de crin, pour qu'il

soit assez fin et pour qu'il donne aux projectiles des surfaces lisses; puis à l'humecter un peu, et à le travailler à la main ou à la pelle pour répartir l'humidité et pour qu'il fasse pelote. On le mélange en même temps, ainsi que nous l'avons dit, avec $\frac{1}{7}$e de son volume de poussière de houille pour empêcher l'adhérence (16). Un ouvrier prépare du sable pour tous les ateliers de moulage de projectiles.

Sable pour les noyaux des projectiles.

20. Le sable destiné à la fabrication des noyaux est recuit pour qu'il soit convenablement desséché, et qu'on puisse l'humecter au degré voulu par des additions d'eau; on le tient légèrement humide de manière qu'il fasse pelote à la main et qu'il puisse prendre une certaine consistance par la compression. On n'y mêle pas de poussière de houille parce qu'il doit être plus gras que celui des moules afin que les noyaux ne s'égrènent pas. On ne le passe pas au tamis fin, on le conserve au contraire plus gros pour que l'humidité se dégage plus facilement pendant le séchage des noyaux et qu'elle soit moins à redouter pendant la coulée et aussi pour que les gaz auxquels la coulée donne naissance puissent s'échapper plus aisément.

Au reste cette grosseur du sable et l'adhérence qu'il peut avoir avec la fonte coulée dans le moule, par suite de l'absence de houille, ne peuvent avoir d'inconvénient dans ce cas parce qu'il importe peu que la surface intérieure du projectile se dépouille aussi bien et soit aussi nette que la surface extérieure.

Sable pour noyau de l'œil des projectiles creux.

21. Le noyau de l'œil des projectiles creux doit présenter une surface plus unie que celle du noyau du projectile, afin que l'œil lui-même soit assez net. Pour faire ce noyau de l'œil on emploie le sable qui est destiné à la fabrication des noyaux des projectiles creux, après l'avoir passé à travers un tamis très-fin.

Du fer pour anneaux de bombes.

22. Il y a peu de chose à dire sur le fer destiné à la fabrication des anneaux de bombe; il doit être tenace, soudable, et exempt de cendrures ou autres défauts qui nuiraient à la solidité des anneaux; on emploie ordinairement du gros fil de fer.

§ 1er Fabrication des projectiles creux.

23. Nous décrirons d'abord la fabrication des bombes qui est plus compliquée que celle des autres projectiles; il sera facile de passer à la confection des obus, en supprimant dans cette description ce qui est relatif aux mentonnets et au culot des bombes, puis à la confection des boulets en supprimant ce qui concerne le noyau des projectiles creux.

Confection des noyaux.

24. Le noyau, ainsi que nous l'avons vu (3), est une pièce de forme sphérique destinée à réserver, dans l'intérieur du moule, la place du vide qui doit exister dans le projectile creux et à ménager le vide qui forme l'œil du projectile.

Autrefois les noyaux se faisaient en terre argileuse, mais ils devaient être soumis à une cuisson pour être desséchés et durcis, et comme l'argile se retire plus ou moins, suivant sa nature et suivant le le degré de cuisson, on ne pouvait donner à ces noyaux des diamètres exacts: si après la cuisson le noyau était trop gros, il produisait un projectile creux trop mince, il fallait diminuer le noyau sur le tour, opération difficile à faire sur de l'argile cuite; si le noyau était trop petit, il donnait lieu à un projectile trop épais, et il était encore moins facile de recharger de la terre sur des parties déjà cuites.

Aujourd'hui pour éviter les inconvénients de l'argile, on fait

tous les noyaux en sable recuit et légèrement humide, tassé dans des boîtes qui donnent au noyau la forme voulue (boîte à noyau, 26 et 31), de sorte qu'on est certain d'avoir des noyaux de diamètre exact, pourvu que le sable ne prenne pas lui-même trop de retrait pendant le séchage, opération nécessaire pour chasser l'humidité qui sans cela se dégagerait pendant la coulée et occasionnerait des défauts dans les projectiles.

On a cherché pendant longtemps une composition qui n'éprouvât pas de retrait: on a essayé entre autres le sable mélangé de chlorure de sodium, mais ce mélange est déliquescent et on s'en tient au sable qui convenablement préparé donne d'excellents résultats.

Arbre à noyau. Figures 3, et 4.

25. Le noyau du projectile et celui de l'œil s'établissent sur un tube en fer C, fig. 3 et 4, appelé arbre à noyau, fait au moyen d'une feuille de tôle de 3 à 4 millimètres d'épaisseur roulée à chaud sur un mandrin et brasée le long de la génératrice de raccordement.

La partie e de l'arbre, sur laquelle le noyau sera exécutée, est percée de trous pour faciliter la sortie des gaz et des vapeurs qui, pendant le séchage du noyau, s'échappent en partie par l'intérieur de l'arbre.

L'autre partie f de l'arbre, qui sert en quelque sorte de poignée au noyau, est destinée à entrer dans la barette D, fig. 1 et 2, ou traverse en fer, fixée sur le chassis à mouler; vers le milieu de la longueur de l'arbre se trouve une virole en fer g, fig. 3 et 4, qu'on nomme le bourrelet et par laquelle l'arbre s'appuiera sur la barette. Ce bourrelet sert à déterminer invariablement la position du noyau par rapport à la barette du chassis ou par rapport au moule du projectile, ainsi qu'on le verra (70).

L'arbre entre juste dans la barette, et présente, au-dessus du bourrelet à une distance égale à l'épaisseur de la barette, une mor-

Figure 5. tasse h dans laquelle on chasse une clavette G fig. 5, pour assujétir l'arbre.

Ce bourrelet est légèrement conique; sa grande base est tournée d[u] coté du noyau; nous verrons plus tard (44) ce qui motive cette forme; nous ferons seulement remarquer ici que pour être certain que le bo[ur]relet s'appuie bien par sa petite base sur la barette et que l'arbre ser[a] bien perpendiculaire à la barette, il faut que le bourrelet et la parti[e] de l'arbre qui l'avoisine soient tournés avec soin, de façon que le pla[n] de l'épaulement formé par le bourrelet soit perpendiculaire à l'arb[re].

Boîte à noyau de l'œil. Figure 6.

26. Le noyau de l'œil du projectile se moule sur l'arbre à noyau au moyen d'une petite boîte H fig. 6, appelée boîte à noyau de l'œil, faite en fonte de fer pour plus de solidité, et divisée en deux parties p[ar] un plan méridien afin qu'on puisse en retirer le noyau de l'œil qua[nd] il est moulé.

Figure 7. Un anneau en fer I, fig. 7, chassé par dessus cette boîte qui est légèrement conique à l'extérieur, permet de serrer fortement l'une contre l'autre les deux parties qui s'assemblent à rainure et languette.

L'intérieur de la boîte présente dans le bas un vide tronconique i destiné à recevoir le bourrelet de l'arbre à noyau, pendant le moulage du noyau de l'œil E, fig. 8. Au-dessus de ce premier vide s'en trou[ve]

Figure 8 un second aussi de forme tronconique K tout à fait égal au noy[au] de l'œil qui doit y être moulé; enfin le vide se termine dans le haut p[ar] un cylindre l de même diamètre que la plus petite base du noyau E d[e] l'œil, destiné à ménager à l'extrémité de ce noyau une partie cylindrique qui le reliera au noyau du projectile.

Ces trois parties du vide de la boîte à noyau de l'œil sont tourn[ées] avec soin; leur axe commun est perpendiculaire à la base de la boî[te].

Support de la boîte à noyau de l'œil.

27. La boîte à noyau de l'œil repose sur un petit banc K, fig. 8 et 9, formé d'un bout de madrier, monté horizontalement sur trois

Figures 8 et 9 — ou quatre pieds, et percé en son milieu verticalement d'un trou cylindrique pour recevoir l'arbre à noyau.

Pour consolider le banc et pour faire ensorte que l'arbre à noyau et la boîte à noyau de l'œil soient toujours bien placés, le dessus et le dessous du banc sont garnis d'une plaque de tôle percée pour le passage de l'arbre.

Moulage du noyau de l'œil. — 28. L'ouvrier pose, devant lui sur une table, le support de la boîte à noyau, y introduit l'arbre par le bout où est la mortaise, et l'assujettit au moyen de la clavette G, de manière qu'il soit perpendiculaire au banc et qu'il y soit appuyé par le bourrelet g, fig. 8; puis, à l'aide de poussière de charbon contenue dans un sac en toile claire, il saupoudre l'intérieur des deux parties de la boîte à noyau H et les place sur ce banc, les serre l'une contre l'autre et contre le bourrelet au moyen de l'anneau I; l'arbre et la boîte ainsi disposés sont concentriques l'un à l'autre.

Figure 10. Figure 11. — L'ouvrier met alors du sable dans la boîte autour de l'arbre, le tasse par portions à l'aide d'une petite batte courbe fig. 10, et quand le sable tassé déborde par le haut, il enlève l'excédent, et lisse la surface avec la batte ou avec une cuiller fig. 11. Puis il frappe légèrement sur la boîte pour détruire l'adhérence du sable avec les parois de la boîte, ce qu'on appele déhocher; il enlève l'anneau, les deux parties de la boîte, et la clavette, il retire l'arbre à noyau, et abat avec la cuiller les coutures que les joints de la boîte ont pu produire sur le noyau de l'œil qui est alors terminé; l'arbre est prêt à recevoir le noyau du projectile fig. 12.

Figure 12

Garnissage de l'arbre à noyau. Figures 13 et 14. — 29. Le sable qui doit former le noyau du projectile ne peut être mis en contact immédiat avec l'arbre en fer auquel il adhèrerait mal; il ne pourrait s'y maintenir sur une grande épaisseur et boucherait les trous par lesquels une partie des gaz et des vapeurs doivent s'échapper; il faut que cet arbre soit garni de corps auxquels le sable puisse

adhérer. On peut employer de la mèche à canon ou une corde quelconque et en envelopper l'arbre d'un certain nombre de tours de manière qu'il ne reste plus qu'à recouvrir cette espèce de poupée par une couche de sable; mais les inconvénients de ce procédé ont fait préférer l'emploi de quatre prismes de sapin réunis en faisceau autour de l'arbre au moyen d'une chaîne en fer, figure 13. Ce système offre la rigidité nécessaire et soutient bien le sable qui pénètre dans les mailles de la chaîne et dans les vides.

30 Pour opérer commodément, on plante l'arbre à noyau dans un madrier percé à cet effet et incliné contre un mur fig. 14, une clavette l'y maintient. On passe une cheville de bois dans un des trous inférieurs de l'arbre, on y accroche la chaîne, et après avoir couché les quatre prismes de bois sur l'arbre on les entoure, du bas en haut, avec cette chaîne que l'on arrête, au moyen du crochet qui la termine, en le passant dans une des mailles. Puis, pour faire tendre la chaîne et consolider tout le système, on introduit, avec force, des coins en bois par le haut entre l'arbre et les prismes de sapin.

Boîte à noyau du projectile.

31. C'est alors que l'on exécute en sable le noyau du projectile; mais pour obtenir une grande exactitude dans sa forme et dans ses dimensions, on fait toujours usage aujourd'hui d'une boîte à noyau fig. 15 et 16 formée de deux hémisphères creux L L', en bronze ou en fonte, pour plus de solidité, et qui superposés l'un à l'autre s'assemblent par une feuillure en s. Leur diamètre intérieur est de 4 à 5 millimètres plus grand que celui que doit avoir définitivement le noyau, afin de tenir compte du retrait que celui-ci prendra par la dessiccation et pendant le coulage.

Figures 15 et 16.

L'hémisphère inférieur L est percé d'un trou pour le passage de l'arbre à noyau et du noyau de l'œil déjà moulé sur cet

arbre; il repose, par un rebord extérieur, sur un support cylin-
Figures 15, 16, 17 et 18 drique M en bronze ou en fonte fig. 15, 16 et 17, muni de poignées et qui est lui-même placé sur un trépied N, fig. 17 et 18; trois vis m permettent de régler la distance de cet hémisphère au trépied, de sorte que, l'arbre à noyau C, fig. 15, étant planté verticalement dans le trépied, le noyau de l'œil E pénètrera de 0m,007 dans l'hémisphère pour le relier au noyau du projectile par une partie commune.

L'hémisphère supérieur I', fig. 15 et 17 sera placé sur l'autre quand il en sera temps, et retenu au moyen de crochets et de pitons si son poids ne suffit pas pour le maintenir. Pour que le noyau soit tronqué et donne lieu au culot de la bombe, cet hémisphère est coupé dans le haut perpendiculairement à l'axe du noyau, par un plan qui en retranche une calotte sphérique de mêmes dimensions que le culot de la bombe; d'ailleurs cette ouverture permet d'introduire le sable dans la boîte pour le moulage du noyau.

Moulage du noyau du projectile.

32. L'arbre à noyau, muni du noyau de l'œil et garni comme on l'a vu (30), est passé dans le trépied N de la boîte à noyau, fig. 15 et 16; il s'y appuie par la petite base du bourrelet et se fixe en-dessous par la clavette comme il l'était quand on a fait le noyau de l'œil (28). On place l'hémisphère inférieur de la boîte à noyau préalablement saupoudré de poussière de charbon et on y introduit du sable que l'on tasse avec soin à l'aide d'une batte
Figure 19. fig. 19. Quand cet hémisphère est plein, on y adapte l'autre partie I' de la boîte que l'on saupoudre de même; on y introduit du sable que l'on tasse jusqu'à comble, on arrase le bord supérieur et on lisse la surface du sable avec la cuiller, fig. 11. Le noyau se trouvera
Figure 20. ainsi applati dans la partie opposée à l'œil, fig. 20, et produira par conséquent dans la coulée le culot dont la bombe doit être

munie.

Dispositions particulières pour le noyau des obus. Figure 21.

33. Pour les obus il faut compléter l'hémisphère supérieur de la boîte à noyau au moyen d'une calotte sphérique fig. 21; on charge du sable sur la partie supérieure du noyau avant d'arraser la boîte à noyau, et en quantité plus que suffisante pour finir le noyau; puis au moyen de la calotte sphérique qu'on applique sur le sable et que l'on fait tourner, en la pressant avec la main, on chasse l'excédant du sable et on donne au noyau la consistance voulue et la forme tout à fait sphérique.

Démoulage des noyaux.

34. Pour démouler, l'ouvrier frappe quelques coups sur la boîte pour décocher (28); il enlève l'hémisphère supérieur et la clavette, sort le noyau avec soin en le poussant par le bout inférieur de l'arbre; il abat les bavures laissées par le joint des deux parties de la boîte, et s'assure que l'arbre n'est pas bouché. La fig. 20 montre ce noyau sorti de la boîte.

Cendrage des noyaux.

35. Pour empêcher la fonte liquide de vitrifier le sable du noyau, et de s'infiltrer dans ce sable, ce qui augmenterait l'adhérence du métal sur le noyau après la coulée et rendrait très-difficile le nettoiement de l'intérieur du projectile, on cendre les noyaux, ou on les met au noir, c'est-à-dire qu'on les couvre d'un enduit composé de charbon de bois pilé et tamisé, de crottin de cheval, et d'un peu d'argile ou mieux de colle forte ou de colle de farine délayés dans de l'eau. Mais les matières végétales ou animales doivent toujours être prises en très-petite quantité pour ne pas augmenter les dégagements de gaz.

On trempe les noyaux dans cette eau, en ne les y laissant que le moins de temps possible pour ne pas trop les humecter.

De plus, pour éviter de les y plonger entièrement, on applique l'enduit au pinceau sur le noyau de l'œil et sur les parties qui l'environnent.

Séchage des noyaux

36. Les noyaux cendrés sont placés pendant 3/4 d'heure dans une étuve pour chasser la plus grande partie de l'humidité qui occasionnerait des défauts au moment de la coulée ; les noyaux peuvent alors être adaptés à leur moule ainsi que nous le verrons plus loin (82).

Pour que les noyaux ne subissent pas de dégradations dans l'étuve, on les fixe par leur arbre dans des pièces de bois inclinées contre le mur de l'étuve comme on l'a déjà vu (30). On peut ainsi en sécher un grand nombre à la fois.

Tout est prêt pour procéder au moulage des projectiles, mais nous devons décrire d'abord le matériel qu'on y emploie.

Description des globes-modèles.

Figures 22, 23 et 24.

37. Le moule d'un projectile s'exécute dans du sable convenablement préparé au moyen de deux hémisphères OO' appelés demi-globes ou modèles fig. 22, 23 et 24, qui permettent de réserver en creux, dans deux chassis ou caisse à moules, la forme de deux demi-projectiles, de sorte qu'en rapprochant les deux chassis on obtient un vide de la forme et de la grandeur du projectile entier.

38. Les globes modèles exécutés autrefois en métal à canon s'altéraient promptement par les chocs qu'ils recevaient dans le moulage ; aujourd'hui on les coule généralement en fonte de fer grise et douce qui vu sa dureté s'altère moins dans le service, et qui permet cependant de les buriner facilement sur le tour, et de leur donner très-exactement les diamètres extérieurs exigés pour les divers calibres.

Pour obtenir des projectiles bien sphériques, il faut que le

diamètre qui passe par les pôles des demi-globes soit un peu plus petit que celui de l'équateur, attendu que le poids de la fonte introduite dans le moule comprime le sable vers le bas et agrandit légèrement ce moule dans le sens des pôles, d'abord au pôle qui est en bas au moment de la coulée, puis à l'autre quand on a retourné le moule. Cette modification du diamètre des pôles doit avoir lieu pour les boulets de tout calibre et pour toutes les espèces de fonte servant à les couler. Dans quelques usines on modifie de même les globes pour les obus et pour les bombes.

39. L'atelier de Précision (*) envoie dans les forges, où on fabrique les projectiles, des globes-modèles qui ne sont pas employés directement à la confection des moules mais qui servent de modèles pour exécuter les globes dont on se sert dans le moulage et dont les diamètres sont toujours déterminés dans chaque usine, suivant la propriété de la fonte que l'on obtient le plus habituellement dans l'usine, et qui doit servir à couler les projectiles, parce que le retrait que la fonte éprouve varie avec la nature de cette fonte.

40. Ceci nous engage à ajouter ici quelques réflexions sur ce métal.

La fonte jouit d'une propriété remarquable qu'elle ne partage avec aucun autre métal ni avec aucun alliage et qui consiste en ce qu'en passant de l'état liquide à l'état solide, en se figeant, elle augmente de volume comme le fait l'eau quand elle se congèle.

(*) Atelier situé au Dépôt central de l'artillerie à Paris et dans lequel l'artillerie fait exécuter, sous la surveillance de ses Officiers et employés, tous les modèles dont on se sert dans les diverses branches de son service.

C'est à cette propriété de la fonte, qu'est dûe la possibilité d'obtenir avec elle des empreintes très déliates et de produire très nettement des inscriptions en lettres vraiment microscopiques.

La dilatation de la matière, pendant qu'elle se fige, est comme une force excentrique qui pousse les molécules du dedans vers le dehors, et les oblige à pénétrer dans les empreintes les plus déliates des moules. L'augmentation de volume de la fonte au moment de sa solidification est prouvée d'ailleurs par sa pesanteur spécifique qui est moindre que celle de la fonte liquide; ainsi un morceau de fonte, jeté dans un bain de fonte de même nature, surnage comme le fait un morceau de glace sur l'eau.

Mais une fois solidifiée, la fonte éprouve comme tous les corps, en se refroidissant, un retrait plus ou moins grand; la fonte blanche se retire plus que la fonte gris-clair, et celle-ci plus que la fonte tout à fait grise, qui sous ce rapport serait préférable, mais qui ainsi qu'on l'a vu (6) ne convient pas à cette fabrication.

Dans la confection des objets coulés en fonte, il faut donc d'abord voir quelle espèce de fonte on obtient le plus habituellement dans l'usine, et avoir égard à ces deux actions contraires la dilatation et le retrait, pour combiner convenablement les dimensions des moules ou celles des modèles avec cette espèce de fonte, afin d'obtenir des objets moulés de dimensions exactes.

Cette difficulté de la fabrication ne peut être résolue que par une certaine aptitude à apprécier la qualité de la fonte et ses propriétés, et à juger, avant la coulée, si elle est propre à ce genre de fabrication.

Revenons à la description des globes modèles.

Assemblage des demi-globes.

11 Les deux demi-globes modèles s'assemblent l'un sur l'autre au moyen d'une feuillure dont le profil vu en n, fig. 22, 23 et 24,

forme une doucine ou une S couchée, ce qui vaut mieux que l'ancienne feuillure carrée à angle rentrant, dans laquelle se logeaient des parcelles de sable qu'on n'enlevait qu'avec peine. Cette nouvelle feuillure permet d'assembler ou de séparer sans le moindre effort les deux demi-globes; son exécution n'offre aucune difficulté. La condition importante quant à l'ajustage de ces deux parties du modèle, c'est que leur jonction sur le cercle extérieur soit parfaite, pour éviter les défauts que leur disjonction occasionnerait dans le moule le long de ce cercle, défauts que le mouleur ne corrigerait pas toujours bien et qui en feraient naître d'autres sur le projectile. On parvient à ce résultat en évidant légèrement la partie intérieure de la feuillure, afin que les demi-globes posent toujours l'un sur l'autre par le cercle extérieur qui est en contact avec le sable du moule, lequel sans cela pénétrerait entre les demi-globes.

Au reste, on donne de la fixité aux deux hémisphères en pratiquant, dans la feuillure de l'un d'eux, une encoche dans laquelle pénètre un tenon ménagé sur l'autre.

Disposition particulière au globe mâle.

Figure 22.

42. L'hémisphère O qui porte la feuillure en relief fig. 22, s'appelle le globe-mâle. A son pôle et en dedans se trouve fixée une tige à poignée qui sert à enlever ce demi-globe quand il s'agit de le retirer du moule en sable fait sur lui.

Disposition particulière au globe femelle.

Figure 23.

Faux-arbre.

43. L'hémisphère O' qui a sa feuillure en creux fig. 23, et qui reçoit l'autre, s'appelle le globe femelle. Il est traversé à son pôle par une tige cylindrique en fer C' qu'on appelle le faux-arbre et dont l'objet principal est de maintenir ce globe invariablement fixé à la barette du chassis dans le renversement qu'il doit subir pendant le moulage.

La partie de ce faux-arbre qui se trouve à l'intérieur du globe est filetée pour recevoir une poignée taraudée servant à manier le

globe et à le retirer de dedans le sable du moule.

La partie du faux arbre située à l'extérieur de ce globe est tout à fait pareille à la partie correspondante de l'arbre C du noyau (25); ainsi : elle présente un bourrelet g de même forme que celui de l'arbre à noyau, pour ménager dans le sable du moule un logement destiné à recevoir le bourrelet de l'arbre à noyau, quand on fixera le noyau dans l'intérieur du moule; l'extrémité du faux arbre est également percée d'une mortaise de sorte que quand sa tige est introduite dans la barette, sur laquelle il s'appuie par la petite base de son bourrelet, on peut fixer le faux arbre à l'aide d'une clavette.

44. Le bourrelet du faux-arbre et celui de l'arbre à noyau sont identiques parce que celui-ci devra remplacer l'autre; ils sont légèrement coniques précisément pour que ce remplacement se fasse facilement sans dégrader le moule.

Modèles des mentonnets adaptés aux globes femelles.

Figure 24.

45. Pour ménager dans le moule fig. 1, les deux cavités b qui, recevant la fonte lors de la coulée, produiront sur la bombe les deux anses ou mentonnets dont elle doit être munie, on ajoute sur le globe femelle les modèles de ces mentonnets P fig. 24 exécutés avec soin par des procédés d'art.

Les tables de construction, l'aide-mémoire et le cours d'artillerie de l'Ecole d'application, font connaître les formes, les dimensions et la position des mentonnets, et indiquent leur tracé. Mais ce tracé, mis à exécution quand il s'agit de représenter les bombes munies de leurs mentonnets, ne sert pas directement à la confection de ces projectiles, puisque les mentonnets s'obtiennent par la coulée elle-même; ce tracé en ce qui concerne la fabrication ne sert réellement qu'à faire les modèles de mentonnets, ou plutôt qu'à faire les calibres ou profils que l'on emploie pour s'assurer dans l'exécution même de ces modèles de mentonnets qu'on est arrivé aux

formes et aux dimentions voulues.

46. Nous allons donc indiquer comment on fait le tracé des modèles de mentonnets, comment on divise ces modèles et quelles sont les formes qu'on donne aux parties dont ils se composent, pour qu'ils satisfassent aux conditions pratiques du moulage.

Détermination de la position des mentonnets.

Figure 25.

La distance des œils de mentonnets, de centre en centre, pour chaque calibre de bombe, est fixée par les tables, ainsi que le rayon de l'œil, de sorte que si le cercle **ABC**, fig. 25, représente la section faite dans une bombe de 27 centimètres par exemple, par le milieu des mentonnets, et si **BO** est le rayon passant par le milieu de l'intervalle des mentonnets, ou l'axe de la bombe, en portant sur le diamètre **AC** de part et d'autre du centre les deux distances **OD**, **OE** égales à la moitié de l'intervalle des centres des œils ($0^{m},0746$ dans le cas particulier qui sert d'exemple), et en élevant les perpendiculaires **DF**, **EG**, ces deux centres se trouveront sur ces perpendiculaires. Alors si du point **O** comme centre avec un rayon égal à celui de la bombe augmenté du rayon de l'œil on décrit l'arc **FG**, les points **F** et **G**, où cet arc coupera les deux perpendiculaires, seront les centres même de ces œils.

Tracé du profil du mentonnet.

47. La position du mentonnet étant ainsi déterminée par celle du centre de son œil, son tracé résulte des dimensions suivantes données par les tables de construction: 1° sa longueur à la base, ou sur la bombe, indiquée par la corde **ab**, fig. 26, dans le grand cercle qui passe par le centre de l'œil du projectile et qui partage les mentonnets en deux parties égales; 2° sa hauteur **cd** ou saillie qu'il forme sur la surface de la bombe; 3° le rayon **ce** de l'œil; 4° la largeur du mentonnet à la base, laquelle est indiquée par la corde **a'b'**, fig. 27, dans le grand cercle perpendiculaire au premier et passant par le centre de l'œil.

1.° Dans le sens de sa longueur. Figure 26.

48. Soit acb, fig. 26, le grand cercle de la bombe qui partage les mentonnets en deux parties égales. Soit cf le rayon de la bombe qui passe par le centre e de l'œil de l'un des mentonnets. Le cercle décrit du centre e avec le rayon de l'œil ce représentera l'œil lui-même, et l'arc de cercle décrit du même centre e avec ed pour rayon déterminera en profil le dessus du mentonnet vu dans sa longueur. Mais il faut le raccorder avec le cercle de la bombe.

Pour cela, on mène les rayons fa, fb qui passent par les extrémités du mentonnet; on prend ag égal à ed, on joint eg et on mène hi perpendiculaire à ge en son milieu; le point i, intersection de hi et de fa prolongé, est également distant de g et de e, et par suite du cercle ab et du cercle KdK'. Donc si du point i pris pour centre avec ia pour rayon on décrit un arc de cercle, cet arc sera tangent au cercle de la bombe et à celui du dessus du mentonnet aux points a, K, où il rencontre les lignes des centres if, ie, puisque, dans un cas comme dans l'autre, la distance des centres if, ie est égale à la somme des rayons.

Ce tracé exécuté à l'autre extrémité de l'arc ab complètera le profil du mentonnet dans la longueur.

2.° Dans le sens de sa largeur. Figure 27.

49. Le profil du mentonnet dans le sens de sa largeur ou sur le plan d'un grand cercle perpendiculaire au premier et passant par l'axe de son œil, s'obtient de même.

Soit a'c'b', fig. 27, le grand cercle de la bombe passant par l'axe de l'œil du mentonnet; les tables donnent la longueur de la corde a'b' ou largeur du mentonnet sur la bombe, sa largeur mm' au-dessus de l'œil, la hauteur c'd' ou saillie du mentonnet, enfin l'épaisseur l'd' au dessus de l'œil. Ces deux dernières dimensions se trouvent déjà dans la figure 26, en cd, ld.

On décrit d'abord l'arc de cercle md'm' passant par d' et tangent aux

deux droites m n, m'n', qui déterminent la largeur du mentonnet au-dessus de l'œil; puis, par une construction tout à fait semblable à celle qui précède (48), on raccorde ce cercle avec celui de la bombe par les arcs a'o, b'o', tangents à la bombe en a' et b' et au cercle du dessus du mentonnet en o, o', points de rencontre des cercles avec la ligne des centres i'e', y'e'; enfin deux droites pp', qq', parallèles, tracées l'une tangentiellement au cercle de la bombe en c', l'autre à une distance de celle-ci égale au diamètre de l'œil, représentent les génératrices inférieure et supérieure de l'œil. Elles se terminent à leur rencontre avec les arcs de cercles latéraux et complètent le profil du mentonnet dans le sens de sa largeur.

Il faut remarquer qu'il résulte des dimensions données par les tables que la génératrice supérieure pp' de l'œil du mentonnet se trouve plus bas que le centre e' de l'arc de cercle supérieur du mentonnet, et aussi plus bas que les points de raccordement o, o', de ce cercle avec les arcs latéraux, enfin qu'elle est plus courte que la largeur m m', circonstance qui ne peut que faciliter le jeu de l'anneau de la bombe dans l'œil du mentonnet.

Remarquons en 2.e lieu que les points a, b, a', b', fig. 26 et 27, ne sont que les limites du mentonnet dans le sens de sa longueur et de sa largeur sur la surface de la bombe. Pour déterminer le contour du raccordement de sa surface avec celle de la bombe, il faut considérer la projection du mentonnet sur un plan perpendiculaire au rayon f d, f'd', de la bombe qui passe par le milieu 0c' de la largeur et de la longueur du mentonnet

Figure 28. fig. 28, projection qui se trouve comprise entre les points a,b, a',b'; puis mener les lignes r a's, r'b's' parallèles à a b, lesquelles sont sur le plan de la fig. 28, les projections des intersections de la surface de la bombe

par deux plans parallèles au plan milieu du mentonnet et passant par a', b', intersections qui, dans la figure 27, se projettent suivant les petites droites a'a", b'b" parallèles à f'd' et dans la figure 26, suivant leur véritable grandeur sur l'arc r"s"; enfin tracer les demi-circonférences r a r', s b s' fig. 28, qui limitent le mentonnet dans le sens de sa longueur, et ne sont que les projections d'une courbe résultant de l'intersection de la surface de la bombe par un demi-cylindre droit du diamètre r r', s s' ou a' b'; les traces de ces cylindres se raccordent naturellement aux quatre points r, r', s, s', avec les arcs r s, r' s' sur la surface de la bombe.

On peut alors déterminer point par point, sur le plan des profils du mentonnet fig. 26 et 27, les projections de la courbe de raccordement du mentonnet avec la surface de la bombe. C'est un problème très-simple de géométrie descriptive que nous supposerons résolu, renvoyant d'ailleurs aux leçons sur le tracé des bouches à feu dans le cours d'artillerie. La courbe a r" s" b, fig. 26, est la projection de ce raccordement vu dans sa longueur, et la ligne a' a" b" b', fig. 27, est sa projection dans le sens de la largeur.

Il faut remarquer cependant que le contour de ce raccordement ou de l'empatement du mentonnet sur la bombe n'existe réellement pas, attendu que la bombe et ses mentonnets sont raccordés tangentiellement et ne forment qu'une seule et même pièce. On ne détermine cette ligne de raccordement que quand il s'agit de compléter le tracé du mentonnet considéré isolément, et, dans le cas particulier qui nous occupe, pour obtenir le modèle du mentonnet qui forme une pièce à part du demi-globe modèle, parce que, pour l'exécution même de ce modèle de mentonnet, il est indispensable de déterminer rigoureusement le

contour par lequel il se raccorde tangentiellement avec la surface du demi-globe.

Moyen employé pour fixer les modèles de mentonnets.

50. En ce qui concerne la fabrication, ces tracés, ainsi que nous l'avons l'avons dit (45), ne peuvent servir qu'à faire les calibres ou profils employés pour ajuster le modèle du mentonnet lorsqu'on exécute sa surface extérieure.

Mais ce modèle lui-même ne pourrait être fait exactement et convenablement adapté au demi-globe modèle, s'il ne présentait sur les bords de son raccordement avec la surface de la bombe que la faible épaisseur et les angles aigus qui résultent de son tracé; d'ailleurs ces parties minces n'offriraient aucune solidité.

Figure 29.

Il faut donc, ainsi que le montre la figure 29 qui est une coupe dans le demi-globe modèle par le plan milieu du mentonnet, ménager à la partie inférieure du modèle du mentonnet une espèce d'embase **a t u b** par laquelle il s'embrève dans le demi-globe creusé à cet effet, et le munir de deux tenons ou queues **v** qui, en traversant l'épaisseur du demi-globe, permettent d'y fixer solidement le modèle du mentonnet à

Figure 30.

l'aide de deux goupilles ou clavettes de mentonnets **x** fig. 30, passées dans des trous pratiqués dans les tenons tout contre la surface intérieure du demi-globe.

Ces modèles doivent être faits de plusieurs pièces.

51. D'un autre côté, ainsi que nous le verrons tout à l'heure (73), quand le moule de la bombe est terminé, les anneaux de la bombe passés dans les modèles des mentonnets sont engagés dans le sable du moule, et doivent y rester pendant la coulée; il faut donc que l'on puisse retirer les modèles sans entraîner les anneaux. Dans ce but le modèle du mentonnet peut être formé de trois pièces **A, B, C**, fig. 29, qui, d'après la disposition de leurs plans de joints **efg, cd, hikl**, se retirent du sable très faci-

lement et indépendamment l'une de l'autre.

Figures 29 et 31. Ainsi l'une des pièces, A fig. 29 et 31, formant le dessous de l'œil est fixée sur le demi-globe modèle par le dedans au moyen de deux petites vis et se retirera du sable du moule en même temps que le demi-globe; les deux autres parties B, C, fig. 29, qui portent les tenons v ne se retirent du sable qu'après que le globe est enlevé.

Mais, pour que ce globe puisse sortir du sable sans déranger les deux pièces extrêmes du modèle du mentonnet, les tenons v sont dirigés parallèlement à l'axe z y du demi-globe modèle que l'on retire lui même dans la direction de cet axe après qu'on a ôté les deux goupilles x.

Le globe une fois dégagé du sable, on retire les pièces extrêmes du mentonnet, chacune de leur côté, en leur faisant décrire un petit arc de cercle autour de la partie droite de l'anneau qui est passée dans l'œil du modèle du mentonnet. De cette manière l'anneau reste engagé dans le sable du moule.

Dans le but de pouvoir retirer le demi-globe sans déranger le moins du monde les deux pièces extrêmes du modèle du mentonnet, le pourtour de l'extrémité b de ce modèle fig. 29, est engendré par une droite b u qui est parallèle à l'axe z y du demi-globe et qui se meut sur la courbe de raccordement s b' s', fig. 31, en restant parallèle à elle-même.

La figure 31 représente le logement du modèle de mentonnet dans le demi-globe modèle dont on n'a pris ici qu'une portion par arrachement. Ce logement est muni de la pièce A du modèle de mentonnet qui est fixée sur le demi-globe; r a' r' t', s b' s' u' sont les projections des extrémités de l'embrèvement du modèle de mentonnet; v v' sont les trous qui livrent passage aux

tenons V.

Figures 32 et 33. On peut aussi, comme cela se pratique aujourd'hui à Hayange, faire le modèle de mentonnet de deux pièces seulement A, B, fig. 32, dont le plan de joint se trouve encore en cd. Mais il faut alors que l'embase nat, nbu, de chaque pièce du modèle de mentonnet qui est embrèvée dans le demi-globe, soit arrondie au-dessous de la génératrice inférieure de l'œil, de façon que quand le demi-globe sera enlevé on puisse retirer d'abord l'une des pièces A ou B du modèle, en la faisant pivoter en dedans autour de cette génératrice n de l'œil. Or comme la distance nd est plus grande que les droites voisines np, nq, il semble que l'on ne pourra donner à cette pièce A le mouvement qu'elle doit prendre pour sortir, sans refouler le sable du moule dans la partie qui correspond à sa surface dpq du modèle; mais il faut remarquer que dès que la pièce A aura subi le plus petit déplacement, on pourra faire remonter le point n de cette pièce le long de la partie courbe no de la pièce B et que par conséquent on pourra enlever le demi-modèle du mentonnet sans détériorer le moule. L'une des deux pièces étant retirée l'autre sortira encore plus facilement.

La figure 33 est le plan de l'embrèvement pratiqué dans le demi-globe pour recevoir l'embase de ce modèle de mentonnet.

Des anneaux de bombe.

Tracé des anneaux de bombe. Figure 34.

32. Pour que les anneaux de bombe tournent facilement dans l'œil du mentonnet et se rabattent bien sur la surface du projectile, la partie de leur pourtour qui passe dans l'œil est en ligne droite.

Le tracé de ces anneaux, représenté fig. 34, résulte des

dimensions donnés par les tables; savoir: le diamètre ab du cercle intérieur de l'anneau, la longueur de la partie rectiligne cd dirigée tangentiellement au cercle intérieur et la longueur de la corde de l'arc de qui raccorde ce cercle avec l'extrémité de la partie droite

Ainsi, de l'extrémité d de la tangente cd, prise pour centre, avec la longueur de la corde de comme rayon, on décrit un arc de cercle qui coupe le cercle intérieur en e; on joint de, on élève fg perpendiculaire à de en son milieu et on mène le rayon oe qui étant prolongé rencontre gf en un point g lequel est le centre de l'arc de raccordement de tangent en e au cercle intérieur.

Le tracé de l'autre côté de l'anneau s'exécute de même en prenant ce'= de, menant et prolongeant e'o sur lequel on prend e'g'= eg; g' est le centre de l'arc e'c.

Le diamètre du fil de fer servant à faire l'anneau est donné également par les tables, en sorte que le tracé du contour extérieur de l'anneau s'obtient sans difficulté.

Nous devons encore faire remarquer ici que ce tracé ne sert pas directement à la confection de cet anneau, mais seulement pour faire, ainsi que nous allons le voir, soit les mandrins sur lesquels on donne aux anneaux la forme voulue, soit les profils qui servent à vérifier leurs dimensions.

Confection des anneaux. 53. On fait les anneaux de bombe avec du fer forgé ou avec du fil de fer, mais, comme en définitif l'épaisseur de l'anneau doit être de 9 millimètres ou de 7 mill. selon le calibre, il est bon de prendre du fer un peu plus gros (environ 10$^{mill.}$5 et 8$^{mill.}$5), parce qu'il peut perdre de son diamètre pendant le travail de la forge.

Le fil de fer de bonne qualité est préférable au fer forgé en ce qu'il est plus doux, plus résistant, et qu'il permet d'obtenir des dimen-

sions plus régulières; le fil de fer est éprouvé préalablement.

L'ouvrier forgeur coupe le fil de fer à la longueur convenable ($0^m,17$ et $0^m,14$ selon les calibres), fait les amorces de la soudure aux extrémités, chauffe le fer au rouge blanc, le contourne en cercle sur la pointe d'une bigorne ronde, et fait la soudure; enfin il introduit dans l'anneau un mandrin conique en fer ou en fonte, dont le profil transversal de forme convenable a été obtenu par le tracé précédemment indiqué pour l'anneau, et l'enfonce petit à petit à coups de marteau jusqu'à ce que l'anneau soit parvenu à la partie du mandrin qui lui donne le diamètre et la forme voulus. On termine l'anneau à la lime avec des calibres; les angles de la partie rectiligne et des arcs de raccordement sont légèrement arrondis.

Réception des anneaux

54. On tourne l'anneau de façon que la soudure se trouve sur la partie circulaire, pour qu'il soit possible de constater sa bonne exécution. La soudure doit être assez bien faite pour qu'elle soit invisible quand l'anneau est achevé à la lime.

Les anneaux sont examinés sous le rapport de leurs formes et de leurs dimensions; on marque ceux qui sont reçus et on les livre aux ouvriers mouleurs.

Garnissage des anneaux
Figure 35.

55. Pour empêcher la fonte d'adhérer à la partie rectiligne de l'anneau, et pour que l'anneau joue librement dans le mentonnet, l'ouvrier mouleur entoure de terre cette partie de l'anneau, et la fait sécher à l'étuve, puis il pare cette terre avec une lime, de manière qu'elle offre une égale épaisseur tout autour du fer et qu'il en résulte un cylindre remplissant exactement l'œil du modèle du mentonnet auquel l'anneau doit être adapté; fig. 35.

Remarquons que la terre ou l'argile ne sert plus aujourd'hui dans la fabrication des projectiles qu'au garnissage des anneaux

de bombes.

Elle n'est employée ici que sur une petite épaisseur, (la différence entre le rayon de l'œil du mentonnet et le rayon du fil de fer de l'anneau), et ne peut offrir aucun inconvénient. Toute sa préparation consiste à être séchée, pulvérisée, passée au tamis et convenablement humectée.

Description des chassis à mouler.

Les chassis sont actuellement en fonte.

56. Les chassis employés pour faire les moules des projectiles étaient autrefois en bois, mais ils étaient fréquemment brûlés par la chaleur de la fonte liquide versée dans les moules, ou accidentellement par le feu qui se trouve dans les usines à fer; ils se desséchaient fortement et leurs assemblages étaient bientôt disloqués. Aujourd'hui pour plus de solidité on les a remplacé presque partout par des chassis en fonte, plus chers de première mise, mais en définitif plus économiques en ce qu'ils durent davantage, et en ce que la matière première peut être utilisée quand ils sont hors de service.

Si, faute de chassis en fonte, on était obligé d'employer des chassis en bois, il faudrait donner au moins 0,m 027 d'épaisseur à leurs parois pour s'opposer à tout fléchissement, et de plus consolider les assemblages par des équerres en fer.

Ils sont de deux pièces.
Figures 36, 37 et 38.
Figures 39, 40 et 41.
Forme du chassis.

57. Le chassis complet se compose de deux parties à peu près pareilles. Le corps du chassis fig. 36, 37 et 38, et la fausse pièce fig. 39, 40 et 41.

Ces deux parties présentent la forme de pyramides polygonales tronquées; pour les projectiles creux, qui tous sont coulés un à un dans un chassis particulier, la base du chassis est un heptagone; cinq des sept faces appartiennent à un octogone régulier, les deux autres, plus grandes, forment un angle

aigu pour réserver la place convenable au jet, ou canal par lequel la fonte doit arriver dans le moule.

Dans quelques usines, à Hayange par exemple, on fait aussi pour chaque boulet un moule individuel. Les chassis pour boulets offrent la même forme que ceux pour projectiles creux; ils en diffèrent par les dimensions. Dans d'autres usines, on moule plusieurs boulets dans un même chassis ainsi que nous le verrons (95): c'est d'ailleurs le procédé qu'on suit toujours pour les balles de fonte (114).

De la barette. 58. Sur la petite base du corps du chassis fig. 36, 37 et 38, se trouve fixée une traverse en fonte ou en fer, qu'on appelle la barette D, (3), laquelle, percée en son milieu d'un trou cylindrique, est destinée, pendant le moulage, à recevoir dans ce trou le faux arbre du demi-globe femelle qui s'y appuie par son bourrelet, et à permettre de fixer le faux arbre à l'aide d'une clavette, afin que l'on puisse renverser le demi-moule sens dessus dessous, sans que le globe modèle se détache; enfin quand les globes modèles sont enlevés, la barette reçoit dans son trou l'arbre du noyau qu'on y fixe à son tour par la clavette; de cette manière le noyau du projectile creux aura la position qu'il doit avoir dans l'intérieur du moule, pendant la coulée, pour que le vide du projectile soit bien concentrique à sa surface extérieure.

59. Ainsi, la barette déterminant la position du globe modèle, puis celle du noyau qu'elle doit supporter bien concentriquement au vide du moule, il est très-important de déterminer rigoureusement sa position et de construire solidement cette partie du chassis.

Pour satisfaire à la première condition, on ne fait pas la barette de la même pièce que le chassis, et on l'encastre de toute son épaisseur dans le bord du chassis de manière que sa face de dessus soit à une distance du bord opposé du chassis égale à la hauteur du demi-

globe augmentée de l'épaisseur du bourrelet du faux arbre; elle est fixée par deux boulons l qui traversent ses extrémités et les oreilles m ménagées au chassis; ces boulons sont filetés et serrés avec des écrous n.

La force de la barette résulte de son équarrissage et principalement de son épaisseur; il est important que cette pièce ne soit jamais faussée par la pression de la fonte qui, pendant le coulage, pèse de tout son poids sur la barette située alors en dessous. D'ailleurs, comme le trou percé au milieu de la barette pourrait affaiblir cette pièce, on la renforce dans cette partie par une embase régnant autour du trou.

Hauteur du corps du chassis et de la fausse pièce.

60. La hauteur du corps du chassis est déterminée par la hauteur du demi-globe femelle augmentée de l'épaisseur du bourrelet du faux-arbre et de celle de la barette. Mais ces deux dernières dimensions doivent offrir ensemble une hauteur qui permette de recouvrir le demi-globe d'une couche de sable assez épaisse pour que le moule soit solide.

La hauteur de la fausse pièce est donnée également par la hauteur de l'autre demi-globe augmentée de l'épaisseur du sable qu'il faut laisser sur ce demi-globe, pour que le moule ait de la solidité; une épaisseur de sable de 6 à 7 centimètres paraît suffisante.

Assemblage des deux parties du chassis.

61. Les deux parties du chassis doivent pouvoir s'assembler avec facilité, d'une manière invariable, et se correspondre parfaitement; pour cela, chacune d'elles porte à sa grande base des oreilles o. coulées avec elle, fig. 36, 37, 39 et 40. Des boulons sont rivés sur les oreilles de la fausse pièce, et pénètrent dans les oreilles du corps du chassis percées à cet effet, ce qui empêche les mouvements latéraux; mais pour s'opposer à la séparation des chassis,

Figure 42.
Figure 43.

chaque paire d'oreille est embrassée, comme on le voit à la fig. 42 par un étrier, ou bride en fer à cheval h, fig. 43, chassée à petites

coups de marteau et qu'on ôte aisément quand il faut séparer les chassis.

Poignées.

62. Pour pouvoir manier les chassis facilement, ils sont munis de quatre poignées p, coulées de la même pièce qu'eux.

Epaisseur et inclinaison des parois des chassis.

63. L'épaisseur de la paroi des chassis est réglée de façon qu'elle résiste au damage qu'on fait subir au sable pendant le moulage et à la pression de la fonte liquide, tout en tenant les chassis aussi légers que possible pour la facilité de la manœuvre; une épaisseur de $0^m,01$ est suffisante; les faces du chassis sont inclinées pour qu'elles retiennent mieux le sable, sans cependant gêner le mouleur dans son travail. Cette inclinaison est du douzième de la hauteur.

Grandeur des chassis.

64. Enfin la grandeur des chassis est réglée de façon qu'il y ait entre leurs parois et le globe modèle environ 35 à 40 millimètres de sable; s'il y en avait plus, le sable ne pourrait se tasser convenablement, et s'il y en avait moins on risquerait de faire éclater le chassis par la chaleur de la fonte liquide versée dans le moule.

Du Jet.

65. Pour faire arriver la fonte liquide dans le moule du projectile, fig. 1 et 2 il faut ménager un canal à travers le sable dont le moule est formé. Mais la fonte ne doit pas tomber directement dans le creux réservé au projectile; elle altérerait la forme du moule et on obtiendrait des projectiles défectueux.

Il faut couler à syphon, c'est-à-dire que le canal doit être placé sur le côté du creux et courbé ou coudé pour aller le rejoindre; il est en conséquence formé de deux parties: l'une verticale c, qui est le corps du canal, et l'autre horizontale d qui est le talon. Lorsque le projectile est formé, le canal se remplit à son tour de fonte et produit ce qu'on appelle le jet du projectile, que l'on casse ensuite. Cette dénomination de jet se donne aussi quelquefois au canal lui-même

par lequel on jette la fonte dans le moule et on dit la tige du jet, le talon du jet (3).

On donne au canal la forme voulue, pendant le moulage, au moyen d'un modèle fait de deux pièces 1° le corps ou la tige du jet

Figure 66. fig. 66, tronc de cône formant la partie verticale; 2° le talon du jet,
Figure 65. fig. 65, pièce disposée horizontalement et plus ou moins amincie sur le bord par lequel le talon se réunit au vide du moule. Le corps du jet s'adapte au talon par un petit tenon cylindrique.

66. Le corps du jet présente généralement la forme d'un tronc de cône évasé dans le haut, pour faciliter l'introduction de la fonte liquide. Comme l'invariabilité de forme n'est pas absolument nécessaire pour cette partie du modèle, on la fait ordinairement en bois, pour qu'elle soit plus légère.

67. La forme du talon du jet présente au contraire beaucoup d'importance. Elle est assez variable et dépend de la nature de la fonte, et de la grandeur du moule ou de la quantité de fonte qui doit y entrer; ainsi, il faut 1° que ce canal soit assez large pour que la fonte arrive un peu vivement dans le moule sans refroidissement sensible dans le coulage; 2° qu'il ne soit cependant pas trop grand parce qu'une introduction trop rapide de la fonte saisirait le moule, et donnerait lieu à une quantité trop considérable de gaz qui ne pouvant s'échapper à la fois briserait le moule et occasionnerait des défauts dans les projectiles; 3° que le talon soit assez étranglé pour refuser l'entrée du moule aux charbons ou aux crasses entraînées par la fonte malgré les précautions que l'on prend pendant la coulée; les scories sont d'ailleurs généralement absorbées par le sable du moule; 4° Enfin, il faut qu'après la coulée et après la solidification de la fonte on puisse casser facilement le jet sans altérer le projectile.

Pour satisfaire à cette condition, on fait quelquefois le talon

du jet très-mince vers le projectile, ne se reliant avec lui que par une bande étroite et très alongée; cependant pour qu'on soit certain en cassant le jet de ne pas importer un morceau de fonte; ce qui pourrait faire rebuter le projectile, il faut que la partie la plus faible du talon ne soit pas immédiatement contre la surface du projectile, mais à une petite distance, comme en x, fig. 45.

68. La forme du jet est d'autant plus importante, qu'avec des variations très-petites, elle donne des résultats fort différents. On peut dire que souvent, et même presque toujours, si avec une bonne fonte et les soins convenables on n'obtient que de mauvais produits, c'est la forme de la tige du jet, et surtout celle du talon, qui en sont la cause, et qu'elles présentent quelque défaut.

Dans ces dernières années on a adopté de préférence, dans quelques forges, pour les boulets et les projectiles creux, des talons de jets qui, dans la partie par laquelle ils se réunissent au moule, offrent une section de forme triangulaire fig. 46.

Figure 46.

69. Pour les boulets et les balles, les jets sont multiples (95, 114), c'est-à-dire que la partie horizontale présente plusieurs branches distribuées régulièrement autour du corps du jet ou maître-jet commun aux divers projectiles moulés dans le même chassis.

Confection du moule.

1re Partie du moule.

Figure 47.

Figure 48.

70. Le mouleur place la planche de fond ou planche à moulee Q, vue à part fig. 47, sur le banc de moulerie élevé de 50 centimètres environ au-dessus du sol de l'atelier fig. 48; Cette planche à moulee est un plateau en bois consolidé en dessous par deux traverses y. Il prend le demi-globe femelle muni de son faux arbre, le chauffe légèrement pour détruire les causes d'adhérence du sable, il y adapte les modèles de mentonnets et les anneaux garnis de terre, puis il le pose sur la planche à moulee, ainsi qu'on le voit à la fig. 48

le faux arbre en-dessus.

Il prend ensuite le corps du chassis muni de la barette D, le place par dessus le demi-globe, en engageant le faux-arbre C' dans la barette, et le tourne de façon que la ligne qui joint les mentonnets soit perpendiculaire à la barette, pour que celle-ci ne gêne pas les anneaux; il s'assure que le bourrelet du faux-arbre g porte bien contre la barette afin que plus tard, quand cet arbre sera remplacé par celui du noyau, ce noyau se trouve lui-même exactement au centre du moule, et que le projectile ait partout les épaisseurs voulues. Puis il fixe le faux arbre en engageant la clavette dans sa mortaise au-dessus de la barette.

De plus, pour que le sable du moule qu'on va tasser dans le chassis ne fasse pas remonter le chassis et ne passe pas entre lui et la planche à mouler, on fixe le corps du chassis sur cette planche au moyen de sergents ou brides en fer-à-cheval qui saisissent les oreilles du chassis et le bord de la planche à mouler, ou les extrémités d'une barre de fer attachée sous la planche qu'elle dépasse de 50 millimètres environ de chaque côté.

Enfin le mouleur place, sur la planche à mouler, dans l'angle des deux grandes faces du chassis, le modèle du talon du jet d qu'il fait appuyer contre le demi-globe par son bord aminci.

Il saupoudre alors de poussière de charbon toute la surface du modèle et la planche de fond, prend, dans une caisse ou dans un panier qui est à sa portée, du sable à mouler et en recouvre la planche de fond et le modèle lui-même d'une couche de 8 à 9 centimètres d'épaisseur qu'il tasse à la main autour du modèle, le bat avec la batte plate, fig. 19, ayant soin de suivre le contour du modèle sans jamais le frapper.

Pour les parties en contact avec le modèle on prend le sable

préparé à la houille, mais par économie on se sert de sable ordinaire pour remplir le chassis.

71. Un aide mouleur, muni d'une pelle, introduit du sable dans le chassis; le maître en garnit les angles et le dame avec sa batte. Pour que le damage soit uniforme on ne tasse le sable que par couches successives ayant soin de les bien relier les unes aux autres, il en faut trois ou quatre.

72. On évite de trop serrer le sable, parce que les gaz se dégageraient alors difficilement pendant le coulage et qu'il en résulterait des soufflures. Cependant si les modèles sont trop grands il faut serrer fortement le sable pour que la fonte en réagissant sur lui n'augmente pas encore le diamètre du projectile.

73. Arrivé aux mentonnets, le mouleur maintient les anneaux verticalement ou normalement au modèle, cela est indifférent; il les garnit avec soin de sable et remplit tout le chassis en tassant et battant le sable comme précédemt.

Il arrase alors le sable et le dessus du chassis avec une règle, polit la surface du moule avec une cuiller fig. 11, et fait avec une aiguille de 1 millimètre et demi de diamètre, qu'il enfonce dans le sable en divers endroits, des trous ou évents au-dessus du modèle pour livrer passage aux gaz pendant la coulée.

Note. On commence le moulage par le demi-globe qui a la feuillure en creux afin que ce demi-globe repose sur la planche à mouler par le cercle extérieur de la feuillure et que le sable ne s'introduise pas dans cette feuillure. Le 1er demi moule est terminé.

2ème partie du moule. 74. Pour faire le deuxième, le mouleur applique sur le corps du chassis fig. 48, un deuxième plateau appelé fausse planche à mouler Q', lequel est pareil à la planche de fond Q fig. 47, si ce n'est qu'il est percé d'un trou en son milieu pour recevoir le bout du faux arbre; puis en saisissant tout le système entre les deux plateaux, il

retourne le premier demi-moule sens dessus dessous, ôte la planche de fond qui est alors au-dessus, et répare les petites dégradations survenues dans ce premier demi-moule.

Figure 49. Le globe-femelle présente ainsi sa concavité en-dessus (voyez la moitié inférieure de la fig. 48); le mouleur souffle sur la feuillure pour chasser les parcelles de sable qui s'y trouvent; il adapte le globe-mâle sur le globe-femelle et la fausse pièce A' sur le corps du chassis en faisant entrer les goujons de l'un dans les oreilles de l'autre qu'il serre à l'aide des trois brides en fer-à-cheval h, il saupoudre de charbon la surface du sable et du modèle, et place le corps du jet c, verticalement sur le talon

Alors il tasse du sable en trois ou quatre fois dans la fausse pièce, en procédant comme précédemment; l'arase avec la règle et le larde avec l'aiguille.

Démoulage 75. Le moule est terminé, fig. 49, mais il faut enlever les diverses parties du modèle, ou démouler. Or, on ne peut séparer les deux chassis sans risquer d'endommager le moule, parce que le demi-globe mâle n'est pas soutenu dans son chassis. Pour opérer cette séparation, il faut placer la planche à mouler sur le chassis supérieur (en enlevant préalablement le corps du jet s'il dépasse le dessus du sable), puis renverser tout le système compris entre les deux plateaux afin d'amener la barette en-dessus; détacher les brides qui réunissent les chassis, enlever le corps du chassis et le demi-globe qu'il supporte par le faux arbre, et le renverser de nouveau.

Figures 50 et 51. Les deux demi-globes présentent alors leur concavité en dessus, et reposent dans leur forme de sable constituant les deux parties du moule fig. 50 et 51. Il s'agit de les enlever; le mouleur se charge de l'un et l'aide mouleur de l'autre.

anneau à double feuillure 76. Mais cette opération demande quelques précautions car

Rondelle à poignée. Figures 52 et 53.

les ouvriers habiles ne l'exécutent pas toujours sans endommager le moule ou sans agrandir un peu son diamètre. Pour éviter cet inconvénient on a imaginé deux instruments fort simples et fort commodes l'anneau à double feuillure et la rondelle à poignée.

Le premier est un anneau cylindrique en acier fig. 52, de même diamètre que les globes, présentant d'un côté une feuillure pareille à celle du demi-globe mâle, et de l'autre une feuillure pareille à celle du demi-globe femelle, de sorte quil s'adapte parfaitement tantôt avec l'un tantôt avec l'autre, et en forme le prolongement cylindrique.

La rondelle à poignée fig. 53, est un autre anneau cylindrique en acier, dont le diamètre intérieur est égal au diamètre extérieur de l'anneau à double feuillure et qui est muni d'une poignée faite de la même pièce.

77. Pour démouler, l'ouvrier place l'anneau à double feuillure sur la feuillure du demi-globe fig. 50, applique sur le sable du moule la rondelle à poignée qui y repose par son plat, entourant l'anneau à double feuillure; puis, appuyant d'une main sur cette rondelle, de l'autre main il enlève le globe par la poignée dont celui-ci est muni à l'intérieur. La rondelle sert ainsi à maintenir le sable du moule, en même temps qu'elle guide la marche de l'anneau à double feuillure et du demi-globe à mesure qu'ils s'élèvent, puisqu'ils ne peuvent dévier dans aucun sens.

Disposition particulière au démoulage des mentonnets, et du jet.

78. Mais pour démouler le demi-moule qui porte le faux-arbre et les mentonnets, il faut préalablement prendre quelques précautions: on doit enlever la clavette qui fixe le faux arbre à la barette, et les goupilles qui fixent les modèles de mentonnets au demi-globe, afin que ceux-ci demeurent provisoirement

dans le sable, sans quoi on dégraderait le moule en arrachant les anneaux qui doivent y rester engagés.

La pièce du milieu de chaque mentonnet suit le demi-globe; les deux autres, restées dans le sable, s'enlèvent en les prenant par leur tenon et les faisant tourner avec soin autour de la partie droite de l'anneau lequel demeure dans le moule.

79. Le talon du jet qui est resté dans le sable se retire très-facilement en le soulevant par le bord intérieur. On enlève le corps du jet en le chassant par son petit bout à l'aide de la cuiller si déjà il n'a pas été retiré (75); on évase l'ouverture du jet, en coupant le sable tout autour en forme de cône, et on lisse cette partie du canal pour que le sable ne soit pas entraîné par la fonte au moment de la coulée.

Figures 54 et 55.

80. On répare les deux parties du moule avec le champignon fig. 54, et la feuille de sauge, fig. 55, petits instruments qui servent à ajouter du sable où il en manque, et à lisser les surfaces intérieures.

Remoulage ou assemblage des deux parties du moule.

81. S'il s'agit de moules pour boulets, il suffit alors d'assembler les deux demi-moules au moyen de leurs brides, de poser le moule à terre ou sur des chantiers, horizontalement, le jet en dessus, et de couvrir l'orifice du jet avec une planchette pour qu'il n'y tombe aucun corps étranger.

Placer le noyau

82. Mais s'il s'agit de projectiles creux, il faut, avant de réunir les deux demi-moules, y adapter le noyau: On s'assure que le noyau est bien sain, qu'il ne balotte pas sur son arbre, et que celui-ci n'est pas bouché. On introduit l'arbre dans la barette contre laquelle le bourrelet doit s'appuyer, puis au moyen

Figure 56.

d'un T fig. 56, on voit si le noyau est partout à égale distance des parois du moule; on le rejette du côté où cela est nécessaire à l'aide

de coins enfoncés dans le trou de la barette ou sous le bourrelet, et on le fixe définitivement au moyen de la clavette.

On place alors le demi-moule, l'ouverture en haut, sur un banc dont le dessus est formé de deux plaques de fonte laissant entre elles un intervalle pour le passage du bout du faux arbre; voyez fig. 1 et 2; on place le deuxième demi-moule sur le premier et on les relie par leurs brides.

Le moule est alors prêt à recevoir la fonte, mais on recouvre le jet au moyen d'un bout de planche pour qu'il n'y tombe rien.

Disposition particulière aux obus.

83. Le moulage et le démoulage des obus n'offre aucune difficulté; il suffit dans le travail décrit précédemment de supprimer ce qui est relatif aux mentonnets et aux anneaux de bombes.

Coulage des Projectiles.

84. Lorsque tous les moules sont prêts et rangés sur le banc, on procède au coulage. Pour cela, si on tire la fonte du haut-fourneau on arrête les machines soufflantes, on place le tampon d'argile sous la tympe et on nettoye l'avant-creuset. Le coulage doit s'exécuter avec ordre et en silence pour éviter les accidents.

On a fait connaître les qualités que doit présenter la fonte employée au coulage (5–10). On se sert pour la prendre de poches ou cuillers demi-sphériques en fer de 21 centimètres de diamètre à long manche. Pour que la fonte n'y adhère pas on les enduit à l'extérieur et à l'intérieur d'une couche d'argile ou de sable gras mêlé d'un peu de crottin de cheval; mais il faut faire sécher cet enduit en remplissant les cuillers de laitier chaud ou de charbons ardents.

85. Ce sont les mouleurs qui exécutent le coulage; ils ont le bras droit et la jambe droite enveloppés de cuir ou de feutre pour éviter les éclaboussures; chaque mouleur puise de la fonte avec sa cuiller

dans l'avant-creuset du fourneau, dans le creuset-puisard s'il y en a un ou dans des chaudières dans lesquelles on a recueilli une grande quantité de métal s'il s'agit d'un coulage considérable; il l'apporte au-dessus du moule; un aide écume avec un bâton la surface de la fonte et empêche les charbons et les crasses de s'introduire dans le moule; puis, quand la fonte est versée dans le moule, il allume avec son bâton enflammé les gaz qui sortent par la jonction des deux chassis et par les évents, afin de faciliter leur dégagement, et d'éviter ainsi les soufflures et les chambres qui pourraient se trouver à la surface du projectile.

86. Il faut verser la fonte dans les moules avec précautions et lentement: une trop grande vitesse pourrait dégrader les moules et produire un dégagement trop fort de gaz qui empêcherait la fonte d'entrer et occasionnerait des soufflures et des pailles; en général les petits projectiles doivent être coulés plus rapidement que les autres.

Si la fonte est très-chaude et coulante on la verse lentement; quelquefois elle est tellement chaude, particulièrement celle qui provient des fourneaux au coke, qu'il faut la laisser un peu refroidir avant de la verser. L'expérience seule indique dans les différents établissements les précautions à prendre pour obtenir les meilleurs produits

87. Il importe surtout que chaque projectile soit coulé d'un seul trait sans interruption, attendu que dès que l'on cesse de faire couler la fonte, celle qui est dans le moule se refroidit, et, quelque promptitude que l'on mette à reprendre le coulage, elle ne peut se raccorder avec celle qui vient après.

Si donc une poche ne suffit pas pour remplir le moule de manière que le métal remonte dans le jet jusqu'à son ouverture extérieure, il faut qu'un deuxième ouvrier, avant que cette poche ne soit

entièrement vide, y verse la fonte qu'il tient dans sa cuiller; s'il ne versait la fonte qu'à son tour directement dans le moule la coulée ne serait pas continue et le projectile serait défectueux.

88. Dès que la fonte du jet est coagulée de manière à ne pas se répandre, on retourne le moule sans secousse, dans le but d'éviter que la sphéricité du moule ne soit détruite par le poids de la fonte, et de prévenir l'avalement ou la dépression qui se produirait à la partie supérieure de la fonte encore liquide, par l'effet de la compression du sable dans le bas du moule, et par la présence des gaz dans la partie supérieure du projectile.

Il est essentiel que le moule soit retourné le plustôt possible sans cela les projectiles sont applatis, ou mal sains vers le point culminant au moment du coulage

89. Pour les boulets on retourne une deuxième fois le moule pour ramener vers le centre les gaz qui ne trouvent pas d'issue et pour faire que le centre de gravité soit le plus près possible du centre de figure.

90. Lorsqu'on juge que la fonte est solidifiée, on ôte les brides et les clavettes, et on enlève le demi-chassis supérieur, sans faire tomber le sable qui recouvre le projectile. Un ouvrier engage l'extrémité de l'arbre à noyau, qui est alors en dessus, dans la mortaise d'un grand levier nommé tourne-à-gauche, fig. 57, où se loge la clavette et qu'il fait tourner plusieurs fois pour briser les chevilles du noyau, puis il arrache l'arbre. Il faut agir avec précautions, parce qu'il peut y avoir autour de l'œil des bavures avec lesquelles on enleverait des parties de métal du projectile. — Figure 57.

Après une demi-heure environ, la chaleur de la fonte a brûlé les prisonniers de bois du noyau, et on peut retirer la chaîne à l'aide d'un crochet. On rape d'abord le tour de l'œil pour enlever les bav

res; on commence l'alésage de l'œil à chaud, au moyen d'un alé-
Figure 58. soir conique en fonte blanche à six ou huit pans, fig. 58, que l'on
Figure 59. fait tourner au moyen d'un tourne-à-gauche fig. 59, recevant le carré de l'alésoir; (ces pans sont dégorgés pour en rendre les arêtes plus vives); l'ouvrier trempe l'alésoir dans l'eau avant de s'en servir. Il vérifie les diamètres de l'œil en haut et en bas avec des rondelles.

91. Les obus de 16, 15, et 12^{cm}, n'étant pas assez lourds pour se maintenir d'eux mêmes, sont fixés pendant cette opération par une couronne en fer munie d'un manche recourbé qui s'appuie à terre et sur lequel l'ouvrier pose le pied.

92. En arrosant les projectiles chauds on facilite le dépouillement du sable, on rend les surfaces plus belles, mais on augmente le retrait de la fonte, on la blanchit dans les parties ténues, comme les mentonnets, ce qui peut la rendre cassante.

On préfère laisser les projectiles se refroidir dans le chassis inférieur jusqu'au rouge brun; on les retire en introduisant dans l'œil un ringard rond; une petite secousse suffit pour casser le jet. Les projectiles restent en tas dans l'usine jusqu'à ce qu'on les enlève pour les ébarber et pour terminer l'alésage de l'œil.

93. Le sable du moule est travaillé tout de suite pour un autre moulage; on l'humecte, on y ajoute du sable neuf et on mêle bien le tout.

Ebarbage des projectiles _ Alésage de l'œil.

94. Les projectiles froids sont livrés aux ébarbeurs qui les emportent à la raperie, hangard où se trouvent les outils et instruments nécessaires pour l'ébarbage et le nettoyement, ainsi que pour le vidage des projectiles creux et l'alésage à froid de l'œil.

On examine les projectiles; on met de côté pour les soumettre

contrôleur ceux qui offrent des défauts de nature à les faire rejeter.

On coupe alors le reste du jet avec une tranche à froid et on le rabat ainsi que la couture avec un marteau en plaçant le projectile sur une coquille hémisphérique pour le maintenir.

Nᵒ. L'ébarbage est la seule opération que l'on fasse subir aux projectiles creux pour enlever la couture; les globes modèles qui servent au moulage, et qui par le défaut d'ajustage occasionneraient dans les projectiles coulés une couture que l'ébarbage ne saurait faire disparaître, devraient donc être immédiatement rebutés.

On dégage les mentonnets du sable qui les couvre; on voit si les anneaux jouent bien; on coupe avec un petit ciseau en forme de gouge les bavures qui peuvent se trouver autour de l'œil du mentonnet, on rape la surface des bombes et des obus pour enlever le sable et les aspérités de fonte, et on vide ces projectiles.

Depuis qu'on fait usage de sable mêlé de houille, il suffit presque toujours de frapper sur le projectile pour le dépouiller parfaitement.

On met l'œil du projectile à ses dimensions exactes par un alésage à froid, exécuté soit à l'aide d'un tourne-à-gauche adapté à l'alésoir, manœuvré par deux hommes et pressé par deux petites bombes suspendues à ses extrémités, soit à l'aide d'une machine qui maintient le projectile et dirige l'alésoir, ce qui est d'une exécution plus prompte et plus régulière, les fig. 60 et 61, suffisent pour faire comprendre la construction et le jeu de cette machine.

Figures 60 et 61.

Figure 62.

Enfin, au moyen d'une fraise conique fig. 62, on fait un léger chanfrein sur l'arête circulaire de l'œil pour qu'elle soit moins susceptible de s'égrener.

Les projectiles creux sont terminés et sont prêts à être présentés à la réception définitive (109); mais les boulets doivent encore être

lissés et rebattus. (96–100).

§ 2e Fabrication des Boulets.

Figure 63. 95. Les boulets sont aujourd'hui moulés en sable, à l'aide de demi-globes modèles fig. 63, dans des chassis comme tous les projectiles en fonte.

Mais les demi-globes femelles ne portent pas de faux-arbre, parce que n'ayant pas ici à placer de noyau dans le moule on peut se dispenser de ménager dans le sable de ce moule le passage de l'arbre à noyau. D'ailleurs les demi-globes, surtout pour les petits calibres sont quelquefois assez légers pour qu'il ne soit pas nécessaire de soutenir le demi-globe supérieur pendant le démoulage à l'aide d'un faux-arbre, ensorte que les globes présentent tout simplement la forme de demi-sphères munies intérieurement d'une poignée. Dans ce cas, quand il s'agira de démouler, c'est-à-dire d'ôter les demi-globes, comme on ne pourrait pas soulever le demi-moule supérieur avec son demi-globe sans risquer de voir celui-ci tomber et détériorer le moule, il faudra, après avoir retiré les clavettes de serrage, saisir le moule complet entre les deux planches à mouler, le placer de champ et renverser l'un des chassis à droite et l'autre à gauche, comme lorsqu'on ouvre un livre, afin que chaque demi-globe reste dans sa forme de sable sans y causer de dégradations. On enlève les demi-globes comme à l'ordinaire (76) et on rapproche les deux demi-moules.

Cependant, dans quelques usines, comme à Hayange, pour que l'on puisse démouler commodément les moules pour boulets de gros calibres, ou ceux dont les globes modèles sont assez lourds pour rendre difficile le maniement du demi-moule supérieur, on

Figure 64 a adopté l'emploi d'une aiguille-plate S fig. 64, percée de deux trous **a**, **b**, qui sert à supporter le demi-globe mâle; elle passe dans ce demi-globe à son pôle, traverse sa poignée intérieure et s'y trouve fixée à l'aide d'une petite clavette **c**, passée dans le trou **a**. On procède comme à l'ordinaire pour le moulage, mais quand le demi-moule supérieur est fini, l'ouvrier passe dans le trou **b** de la tête de l'aiguille-plate une clavette ou la petite tringle qui sert à pratiquer les évents, laquelle repose alors sur le sable du moule et empêche le demi-globe de sortir du sable quand on séparera les deux chassis.

Mais comme pour enlever les demi-globes il faut renverser le demi-moule, l'ouverture du demi-globe en dessus, il est nécessaire, pour que le sable du chassis supérieur soit soutenu du côté opposé au demi-globe, de recouvrir ce chassis par la fausse-planche à mouler, laquelle doit être percée pour livrer passage à la tête de l'aiguille-plate en saillie sur le sable. Si le modèle de la tige du jet dépasse le sable du moule, on l'enlevera avant de placer la fausse-planche à mouler, c'est-à-dire qu'on procède ici comme pour les projectiles creux. Le demi-moule étant renversé on retire la clavette intérieure de l'aiguille puis le demi-globe et l'aiguille-plate elle-même par l'autre bout.

Fig. 65, 66, 67, 68 et 69. Quelquefois on fait usage, dans le moulage des boulets, de chassis à base carrée ou rectangulaire fig. 65, 66, 67, 68 et 69, qui permettent de mouler à la fois deux boulets de 24 ou de 16, ou quatre boulets de 12 ou de 8. Le modèle du jet, placé au milieu de l'intervalle qui sépare les modèles des boulets, présente un talon à deux ou quatre branches pour faire arriver la fonte à la fois dans tous les moules. Dans d'autres usines, comme à Hayange, on fait un moule individuel pour chaque boulet dans des chassis

pareils à ceux pour projectiles creux. Dans tous les cas, les chassis pour boulets n'ont pas de barette puisque le demi-globe femelle n'a pas de faux-arbre.

Du reste il n'y a dans le moulage des boulets et dans les opérations ultérieures que peu de différence avec ce qui se fait pour les obus; il faut seulement supprimer ce qui est relatif au vide intérieur et à l'œil des projectiles creux (70-74).

Il suffit pour terminer la description de la fabrication des boulets de dire comment on procède au lissage et au rebattage de ces projectiles.

Lissage des Boulets.

96. Le lissage consiste à rouler les boulets, après leur ébarbage, dans un tonneau en fonte fig. 70 tournant sur son axe. Figure 70. Cette opération a pour objet principal de bien dépouiller les projectiles du sable qui y adhère et de déceler les soufflures situées près de la surface: on reconnaît ces soufflures à des parties un peu applaties et ternes qui se remarquent sur les boulets après le lissage; on les sonde alors avec un poinçon. Cela offre l'avantage de n'envoyer au rebattage que les boulets exempts de ces défauts et par suite d'économiser du temps.

97. Le lissage ne peut remédier aux défauts de sphéricité, ni faire disparaître entièrement la couture et la trace du jet, mais il polit les boulets.

Deplus, selon quelques personnes, sans qu'elles puissent en donner une explication satisfaisante, mais seulement en admettant que le lissage procure une légère augmentation de densité à la surface de ces projectiles, cette opération permet de ne soumettre les projectiles qu'à une faible chaleur pour les rebattre; par suite la fonte s'oxide moins et les projectiles prennent une belle

couleur bleuâtre après le rebattage.

98. L'effet du lissage varie sans doute avec le calibre des boulets, la quantité de projectiles qu'on met dans le tonneau, le diamètre de ce tonneau, sa vitesse de rotation, et la durée de l'opération. Les dimensions du tonneau et le nombre de boulets qu'il reçoit sont réglés de façon que, dans le mouvement de rotation, ceux-ci tombent les uns sur les autres d'une hauteur suffisante pour que, sans briser l'enveloppe, ils sortent bien dépouillés du sable qui y adhérait. On remplit le tonneau au 1/4 ou au 1/3 selon que les boulets sont gros ou petits; si on en met trop ils n'ont pas assez de hauteur de chute, et si on n'en met pas assez, ils ne subissent pas une pression suffisante de la part de ceux qui tombent sur eux. Le tonneau représenté ici peut recevoir 90 boulets de 12 dans les conditions ci-dessus.

99. Ce tonneau fait 15 ou 16 tours par minute; une vitesse plus grande ne donnerait pas le résultat qu'on attend, car les boulets, soumis à la force centrifuge, rouleraient sur les parois du tonneau et ne retomberaient plus les uns sur les autres. La vitesse la plus convenable doit dépendre du calibre; il en est sans doute de même de la durée de l'opération qui est fixée à 4 ou 5 heures. On pourrait peut-être la réduire, mais pas au-dessous de 1h 1/2 à 2 heures.

Au reste, le lissage n'occasionne pas de surcroît de dépense; on monte le tonneau sur un arbre de couche mu par quelques communications venant du moteur d'une usine voisine.

On examine les boulets lissés et on envoie au rebattage ceux qui ne présentent pas de défauts susceptibles de les faire rebuter.

Rebattage des Boulets.

Objet du rebattage.

100. Le rebattage a pour objet de polir la surface des boulets et d'abattre ce qui pourrait y rester de saillant à la couture et à la cassure du jet. On le regarde aussi comme une épreuve fesant casser ceux dont dont la fonte est mauvaise, ou qui ont des soufflures près de la surface; enfin selon quelques personnes il pourrait remédier aux différences de sphéricité, mais s'il fait disparaître les alongements de diamètre, il lui est plus difficile de détruire un applatissement.

D'ailleurs il diminue un peu le calibre par la destruction de toutes les aspérités et par la formation d'une certaine quantité d'oxide pendant qu'on chauffe le projectile, et par la chute ultérieure de cet oxide au moment du rebattage.

Le matériel nécessaire au rebattage se compose d'un four à réverbère, d'un martinet, de crochets et de tenailles.

Four à réverbère
Figures 72, 73 et 74.

101. Le four à réverbère, fig. 72, 73 et 74, est ordinairement chauffé au bois; la flamme, provenant des bûches posées sur la grille de la chauffe, parcourt la sole inclinée, le long de laquelle les boulets sont placés sur trois ou quatre rangs, et s'échappe par une cheminée verticale après avoir chauffé les projectiles.

Plus le fourneau a de tirage, plus il chauffe vite et moins les boulets s'y oxident. Les boulets ne doivent être chauffés que jusqu'au rouge cerise; à une plus forte chaleur ils se couvrent d'oxide, et si on n'a pas la précaution de les nettoyer avec une brosse en fil de fer, cet oxide s'imprègne dans la fonte par les coups de marteau et rend les projectiles galeux. On ne chauffe au rouge blanc que les boulets les plus gros,

La fonte blanche demande plus de chaleur que la grise; mais les boulets sont mauvais et se cassent fréquemment. Lors-

qu'on a retiré 10 boulets du four on les remplace par un pareil nombre.

Du martinet. Figures 75, 76, et 77.

102. Le martinet, fig. 75, 76 et 77, ne diffère des appareils ordinaires de ce genre qu'en ce que la panne du marteau et la table de l'enclume, ou les pièces à coulisse qu'on y fixe, sont creusées en forme de calotte sphérique ménagée pendant le moulage de ces pièces.

Le rayon de courbure de ces cavités est le même que celui des projectiles du calibre immédiatement supérieur aux boulets que l'on veut rebattre.

Pour le marteau, la flèche est du $\frac{1}{10}$ᵉ du calibre à rebattre; mais dans l'enclume, pour que le projectile s'y maintienne bien pendant l'opération, la flèche est double de la première. Les pièces du marteau et de l'enclume sont changées quand, par l'usage, les cavités ont pris la sphéricité des boulets soumis au rebattage.

Le règlement fixe le poids du marteau pour tous les calibres. Chaque projectile reçoit au moins 120 coups; le marteau a la plus petite volée possible, et bat environ 180 coups par minute.

Manière de rebattre.

103. Les boulets, tirés du fourneau, sont placés dans un auget incliné et arrivent sur une plaque de fonte où le rebatteur les saisit un à un à l'aide de tenailles; il pose un projectile sur l'enclume, le retourne en tous sens pendant que le marteau bat, jusqu'à ce que les coutures et les aspérités soient effacées. Un filet d'eau dirigé sur le marteau le rafraîchit ainsi que l'enclume, et donne un beau poli aux boulets.

On remplace un boulet par un autre, soit en continuant de laisser battre le marteau, ce qui demande un ouvrier assez habile, soit en l'arrêtant, ce qui perd un peu de temps; mais cela est préférable parce que si on bat sans discontinuer, il peut arriver que le boulet soit mâché entre les bords des cavités du marteau et de l'enclume; alors,

il faut, pendant que le boulet est encore chaud, effacer avec un marteau à main les entailles qui y sont marquées, ce qui n'est pas toujours possible, et prend plus de temps qu'on en aurait perdu par l'interruption du battage.

106. Tout le monde n'est pas d'accord sur les bons effets du rebattage; nous ferons remarquer qu'après des essais sur le rebattage des obus, qui, tout en donnant des effets avantageux, analogues à ceux obtenus pour les boulets, a eu des inconvénients graves, on a renoncé au lissage et au rebattage des obus. Ces projectiles creux exposés dans les parcs, sans avoir subi ces deux opérations, se conservent mieux que quand ils ont été lissés et généralement mieux aussi que les boulets lissés et rebattus; cela tient peut-être à ce que l'oxidation occasionnée par la chaleur, à laquelle les boulets sont élevés pour le rebattage, et le rebattage lui-même dépouillent les projectiles de la couche extérieure qui est précisément la plus dure, parce qu'elle est due au refroidissement subit de la fonte dans les moules et parce qu'il s'est formé, par son contact avec le sable du moule, qu'elle vitrifie en partie, un silicate qui jouit d'une grande dureté. On peut croire aussi que l'action de la chaleur, sur les projectiles placés dans le four avant le rebattage, modifie, sur une faible épaisseur il est vrai, la nature du métal qui perdant un peu de son carbone devient plus facile à attaquer par les agents atmosphériques que ne l'est la fonte elle-même.

Au reste les perfectionnements introduits depuis un certain nombre d'années dans la fabrication des projectiles, et les belles surfaces qu'on obtient directement à la coulée ont porté quelques maîtres de forge et plusieurs officiers d'artillerie à penser qu'il conviendrait de supprimer le lissage et le rebattage, opérations qu'ils regardent comme étant plus nuisibles qu'utiles.

Nous nous dispenserons d'entrer dans plus de détails à ce sujet, nous remarquerons seulement que pour supprimer le rebattage il faudrait

d'abord avoir toujours des demi-globes parfaitement ajustés le long de leur feuillure (41) pour éviter les défauts que l'imperfection de cet ajustage occasionne dans le moule, défauts qu'il n'est pas toujours possible de bien corriger et qui font naître sur le projectile de fortes coutures et des défectuosités que l'on ne peut pas toujours enlever entièrement par l'ébarbage, et en second lieu qu'il faudrait sans doute apporter quelques modifications dans le moulage dans le but d'éviter la couture qui est la conséquence de la manière dont le moule est fractionné.

Boulets coulés en coquilles.

105. La fabrication des boulets en coquilles est abandonnée aujourd'hui. Cependant il est bon de connaître les principales dispositions de ce procédé expéditif qui peut être utilisé dans des cas particuliers.

Les coquilles sont deux demi-moules en fonte dont chacun présente en creux, dans la face par laquelle ils sont réunis, la moitié du projectile; elles s'assemblent par une emboîture circulaire ou encore à joints plats munis de goujons.

Quelquefois la face de jonction est horizontale pendant le
Figures 78 et 79. coulage, et le jet est placé au sommet de la coquille supérieure, fig. 78 et 79; dans ce cas on maintient les deux coquilles l'une sur l'autre à l'aide de rondelles et de crochets. Quelquefois le joint est
Figures 80 et 81. vertical fig. 80 et 81; le jet est alors formé par moitié dans chaque coquille dont l'ensemble forme comme un gros moule à balles, et les coquilles sont maintenues par couple les unes à côté des au-
Figures 82 et 83 tres en certain nombre, dans des encarnets fig. 82 et 83, plaque en fonte munie à ses extrémités de talons élevés qui permettent de serrer les coquilles entre elles à l'aide de coins en fer, ce qui est fort commode. Les encarnets qui ont plusieurs divisions sont préférables,

en ce que l'on peut desserrer les coquilles où la coulée est faite sans déranger les autres.

Remarquons que le vide intérieur, que présentent deux coquilles réunies, n'est pourtant pas parfaitement sphérique : ordinairement le diamètre à la couture est plus grand de quelques dixièmes de millimètres, suivant le retrait que la fonte employée pour couler les projectiles peut subir et que l'expérience seule fait connaître ; le diamètre perpendiculaire à l'emboîtement est juste égal à celui de la grande lunette de réception, parce que les deux coquilles, en s'écartant légèrement pendant la coulée, laissent prendre au projectile un excès de dimensions dans ce sens ; mais cet excès dans le diamètre est ensuite compensé par le retrait.

Quant à la forme extérieure des coquilles, elle n'est pas la même partout, mais elle est assez indifférente. Ces coquilles s'obtiennent elles-mêmes en coulant de la fonte dans des moules en sable faits à l'aide de modèles construits avec précision en bronze.

106. Avant de procéder à la coulée, on nettoie l'intérieur des coquilles avec un pinceau sec, on l'enduit d'une eau argileuse pour empêcher la fonte d'adhérer au moule, et on fait chauffer les coquilles, jusqu'à ce qu'on ne puisse y maintenir la main qu'avec peine, dans le but d'éviter un refroidissement trop prompt.

On coule alors la fonte dans les moules ; dès que ceux qui se trouvent dans l'une des divisions des encarnets sont remplis on les desserre pour prévenir la rupture des talons par la dilatation de la fonte.

Quand la fonte est figée, on sépare les coquilles et on enlève les boulets. On enduit de nouveau les coquilles avec l'eau argileuse, et on fait ainsi trois ou quatre coulées ; au delà de ce terme il faut laisser refroidir les coquilles qui étant trop dilatées donneraient des

boulets trop gros.

Comparaison du moulage en sable et du coulage en coquilles.

107. Le moulage en sable exige un plus grand nombre d'ouvriers intelligents, beaucoup de soins pour éviter les défauts provenant d'un mauvais assemblage des chassis et du tassement irrégulier du sable; il revient assez cher parce qu'il demande beaucoup de temps, et que le moule est brisé à chaque fois.

Le coulage en coquilles au contraire est très-simple et très expéditif; il n'exige que des ouvriers ordinaires et un chef d'atelier pour vérifier de temps en temps les coquilles et surveiller les détails de la fabrication. Ces coquilles, exécutées elles-mêmes avec soin dans des moules en sable, servent un grand nombre de fois. Cependant leur altération et la difficulté qu'on a de les bien faire et de les assembler avec une précision rigoureuse s'opposent plus encore que le moulage en sable à l'exactitude de la forme et des dimensions des boulets; il arrive souvent que les boulets coulés en coquilles sont un peu oblongs, défaut qui est rare dans les boulets coulés en sable parmi lesquels il s'en trouve un grand nombre qui approchent du diamètre de la grande lunette.

Les boulets coulés en coquilles sont généralement plus lourds que ceux de même calibre coulés en sable, ce qui paraît provenir du refroidissement subit qui dans les moules en métal fait blanchir la fonte sur une épaisseur de 4 à 5 millimètres. La surface des boulets coulés en coquilles est plus rude et plus couverte d'aspérités que celle des boulets coulés en sable, parce que pour ceux-ci l'oxide et les impuretés de la fonte passent dans le sable du moule.

Ainsi malgré la simplicité, la célérité, et l'économie de la fabrication en coquilles, on a dû conserver le moulage en sable qui présente des avantages plus importants, le poli des surfaces, la sphéricité

des projectiles et l'exactitude des dimensions.

Réception des projectiles.

1ère Visite, après le lissage

108. Les boulets sont soumis à une première visite après le lissage, avant que la rouille n'ait pu attaquer leur surface mise à clair feu; par cette opération, on rebute ceux qui présentent des défauts de fa-

2e Visite, après le rebattage

brication. Après le rebattage qui a mis en évidence quelques défauts, ils subissent une deuxième visite dans laquelle on rebute également tous ceux qui sont défectueux. Ils doivent être ronds, sans bosses, mâchures ou bavures.

On procède alors à la vérification de leur diamètre.

Il existe pour cela des collections d'instruments vérificateurs dont l'exactitude est elle-même constatée avant de s'en servir (*)

Figure 83.

Pour les boulets ces instruments consistent 1° dans deux lunettes en acier, fig. 83, une grande dans laquelle ils doivent passer sur tous les sens et une petite dans laquelle ils ne doivent passer sur aucun sens;

Figure 84.

2° dans un cylindre en bronze, fig. 84, du diamètre de la grande lunette, et de cinq calibres de longueur, posé sur une table et incliné de façon que l'orifice supérieur soit de 4 à 5 centimètres plus élevé que l'autre. On y introduit les boulets, qui satisfont à l'épreuve des lunettes; ils doivent descendre en roulant: s'ils y passaient en glissant, ce serait un indice qu'ils ne sont pas sphériques et ils seraient rebutés. Ceux qui s'arrêtent en chemin sont poussés avec un refouloir en bois, chauffés de nouveau et rebattus pour être présentés à la recette une deuxième fois. On a soin de faire tourner de temps en temps le cylindre pour que les boulets n'usent pas sa paroi intérieure dans une partie plus que dans

---

(*) L'aide-mémoire d'artillerie, le Cours d'artillerie de l'Ecole d'application et le cours sur le service des officiers d'artillerie dans les forges donnent les détails sur ces instruments et sur les moyens de les vérifier à l'aide d'instruments particuliers.

une autre.

On pèse $\frac{1}{20}$ au moins des boulets pris au hazard dans ceux qui sont de recette. On en conclut le poids moyen que l'on consigne au procès-verbal de réception; si ce poids moyen est au-dessous du poids réglementaire (*), c'est que les projectiles soumis à la pesée ont de grandes cavités intérieures, il faut les rebuter.

109 Les projectiles creux vidés, ébarbés, dépouillés du sable qui était attaché à leur surface intérieure ou extérieure, sont présentés à la réception. Ils doivent d'abord satisfaire aux mêmes conditions que les boulets sous le rapport de la régularité de leurs formes.

L'œil alésé à froid doit être net et rond; le jet et la couture abattus au ciseau et à fleur du projectile. Les anneaux des bombes doivent jouer librement dans les mentonnets exempts de défauts. Le fil de fer des anneaux de bonne qualité; la soudure bien faite et placée sur la partie courbe de l'anneau afin qu'on puisse l'examiner.

Les instruments vérificateurs pour les projectiles creux sont pour chaque calibre: Une grande et une petite lunettes, fig. 84; un vérificateur

Fig. 86, 87, 88, 89 et 90. du diamètre de l'œil, fig. 86; Un vérificateur de l'épaisseur des parois à l'œil, fig. 87; Un compas d'épaisseur à branches courbes fig. 88; Un compas à coulisse et à Nonius fig. 89, pour mesurer l'épaisseur dans le point opposé à l'œil; plus Un vérificateur de mentonnets pour les bombes fig. 90, et Un cylindre en bronze fig. 85, pour chaque calibre d'obus.

Les projectiles creux qui ont des cavités à l'intérieur ou à l'extérieur de plus de 4 millimètres ½ de profondeur, et ceux qui ont des défauts sont rebutés sans autre examen. On frappe légèrement avec

(*) Voyez l'aide-mémoire et les Tables de construction.

un marteau sur les projectiles sans défauts apparents pour reconnaître s'ils ne sont pas fendus intérieurement; On les présente aux lunettes; on vérifie les lumières, les épaisseurs, la position et la forme des mentonnets; on fait passer les obus au cylindre ayant seulement 27 millimètres de pente; enfin on pèse un vingtième au moins des projectiles pris au hazard.

On donne à aléser les projectiles dont l'œil est trop petit, à raper et à évider ceux qui en ont besoin, et à repiquer ceux qui sont trop gros, lorsqu'il y a peu de métal à enlever.

Les projectiles reçus sont marqués à froid d'un coup du poinçon de l'arrondissement. Pour les projectiles creux cette marque est apposée près de l'œil.

Réception des Grenades.

110. Les grenades, fabriquées comme les obus, sont reçues de la même manière, si ce n'est qu'elles ne sont pas passées au cylindre parce qu'une parfaite sphéricité n'est pas nécessaire pour ces projectiles qu'on ne tire pas dans les bouches à feu, du moins dans des pièces à longue âme.

Nous donnerons plus loin la réception des balles de fer et de fonte (132).

Dégradation des projectiles rebutés.

111. Tous boulets rebutés sont dégradés au moyen de coups de marteau de manière qu'on ne puisse plus les présenter à la recette.

Pour les bombes rebutées on casse un mentonnet, et pour les obus on fait sauter un éclat de l'arête circulaire de l'œil.

§. 3e. Fabrication des balles pour bouches à feu.

112. Les balles coulées en fonte, employées anciennement par l'Artillerie de terre dans le tir des bouches à feu, présentaient plusieurs inconvénients: on les regardait comme trop légères; elles se brisaient facilement dans le tir, produisaient des éraflements dans l'âme des pièces, et exigeaient pour chacune d'elles un rebattage particulier; aussi les avait-on remplacées par des balles en fer forgé.

Cependant on remarqua que la qualité des fontes s'était améliorée, que la fabrication des projectiles avait reçu des perfectionnements notables, et que l'artillerie de la marine n'employait plus que des balles en fonte; il est vrai que c'est avec des canons de fonte qui sont moins détériorés que les canons de bronze par le frottement des balles; mais le prix des balles en fonte étant de ⅓ plus faible que celui des balles en fer forgé, on devait chercher à réaliser cette économie par l'emploi des premières.

113. On a donc fait à Metz en 1825 des expériences comparatives entre ces deux sortes de balles; on a reconnu que les balles coulées en bonne fonte grise et lissées étaient exemptes des principaux défauts qu'on reprochait autrefois aux balles de fonte; et il a été décidé que les balles pour pièces de siége et de place, classées en cinq numéros (1, 2, 3, 4 et 5 pour les calibres de 36, 24, 16, 12 et 8) seraient en fer coulé, tandis que celles destinées aux bouches à feu de campagne seraient seules fabriquées en fer forgé, parce que, si elles coûtent plus cher, elles ont l'avantage d'offrir un peu plus de densité, par suite de donner des portées un peu plus grandes et un peu plus justes.

Les balles en fer forgé destinées aux pièces de campagne de 12 et de 8 et aux obusiers de 16 ou 15 centimètres, ayant le même diamètre que celles des numéros 4 et 5 pour pièces de siège et de place de 12 et 8, sont désignées par les numéros 4 bis et 5 bis. Celle pour l'obusier de 12 de montagne a pris le numéro 6 bis; elle a le même diamètre que l'ancienne balle de fonte servant au canon de 4.

1°. Fabrication des balles en fonte.

114. La fabrication des balles en fonte diffère peu de celle des boulets (95). On fait les moules en sable, au moyen de modèles en en cuivre ou en fonte composés de deux pièces, dans deux chassis

Figure 91 et 92. à mouler en fonte fig. 91 et 92, qui sont prismatiques et à base rectangulaire de 20 à 22 centimètres de largeur sur 40 à 45 centimètres de longueur.

Les mêmes chassis servent pour tous les calibres de balles. Un couple de ces chassis contient un nombre de moules qui augmente à mesure que le calibre diminue; ainsi on y fait 12 moules pour balles N.os 1 et 2, 14 pour balles N.os 3 et 4, et 16 pour celles des N.os 5 et 6 bis.

Les moules sont disposés sur deux rangs dans la longueur des chassis. Ceux d'un même rang sont distants entre eux et de la paroi voisine des chassis de 0m,023 environ. Un intervalle double sépare les deux rangs afin de ménager entre eux dans le sable du moule une coulée horizontale, ou canal qui recevant la fonte liquide, par un jet vertical assez grand placé au milieu des chassis, lui permet de se rendre dans les moules par de petits conduits horizontaux.

Ces petits conduits doivent s'élargir et devenir plus minces vers l'extrémité qui touche aux balles pour qu'il y ait le moins

possible de couture sur le projectile. La partie qui conduit au jet principal doit être plus épaisse et bien dégorgée pour fournir de la fonte abondamment et remplir les avalements. Le jet central doit avoir une hauteur suffisante pour que la fonte affluente agisse par son poids; à cet effet on le fait dépasser le dessus du chassis en amoncelant du sable autour du modèle du jet

115. Les détails qui précèdent sur le moulage et la coulée des projectiles autres que les balles nous dispensent de donner ici plus de développements. Nous ajouterons seulement qu'on doit employer de la fonte grise-douce pour que la couture et le jet soient facilement abattus au ciseau à froid. Pour procéder à la coulée, il faut attendre que la fonte soit très liquide pour qu'elle remplisse bien les moules et les canaux.

Lorsque la fonte est refroidie dans le moule, on casse les jets, on porte les balles dans un tonneau en bois cerclé en fer, monté sur un arbre également en fer, et mis en mouvement par une manivelle ou tout autre moyen. On roule à la fois 100 Kilogrammes de balles pendant environ 10 minutes afin d'enlever le sable adhérent. Elles sont ensuite ébarbées une à une comme les boulets dans un étau.

Les balles ainsi préparées sont lissées pendant trois heures dans un tonneau de fonte; on y met à la fois 1600 balles N°. 5 qui remplissent à peu près le tiers de sa capacité. (c'est environ 210 Kil. de balles pour tous les calibres).

Enfin pour les préserver de l'oxidation on les recuit pendant une heure, jusqu'à la couleur gorge de pigeon, dans des boîtes en tôle sans couvercle. Cette opération a lieu dans un four dormant, chauffé à la houille. On peut par ce moyen conserver ces balles

plusieurs années en magasin sans qu'elles soient attaquées fortement par la rouille.

2.° Fabrication des balles de fer battu.

116. On emploie pour faire ces balles des barres de fer rond fabriqué par les nouveaux procédés et étiré à l'aide de cylindres; ce fer, d'un prix peu élevé, est suffisamment bon pour cet usage. Tous les fers tendres et de médiocre qualité peuvent être employés; il faut seulement qu'ils se soudent facilement pour que les balles soient sans défauts, et qu'ils s'étampent promptement pour que la fabrication marche vite.

Le fer obtenu par les anciens procédés d'affinage et étiré au marteau serait certainement préférable sous quelques rapports; mais il coute trop cher pour qu'on l'emploie dans ce cas. D'ailleurs l'étirage au cylindre permet d'obtenir à bon marché des fers ronds d'une grosseur bien régulière; comme il y a trois calibres de balles on se sert de barres de fer rond de trois grosseurs différentes. Ces barres n'ont pas au delà de 1.m50 à 1.m60 de longueur pour qu'on puisse les manier commodément. Leur diamètre doit être autant que possible celui de la grande lunette de réception (0.m038, 0.m0335 et 0.m0265). Si on avait à sa disposition que des fers carrés on leur donnerait préalablement la forme prismatique à huit pans.

Figure 93. 117. Les balles sont forgées entre deux étampes aciérées et trempées, fig. 93, l'une a appelée chabotte, étampe fixe ou de dessous, fixée sur une enclume disposée sur le sol de l'atelier près de la forge et d'une hauteur convenable pour forger commodément, l'autre étampe b, appelée étampe mobile ou de dessus, est emmanchée. Chaque étampe présente en creux une calotte appartenant à la sphère de même diamètre que la balle qu'on veut forger et dont la hauteur est le tiers de ce diamètre.

118. Deux ouvriers sont nécessaires : le maître forgeur et son compagnon ou frappeur. Le fer est chauffé dans une forge de maréchal alimentée à la houille. Lorsque le feu de forge, au lieu de recevoir le vent d'une machine soufflante, est activé par un soufflet de forge ordinaire, et c'est le cas général, il faut un ouvrier de plus pour faire marcher ce soufflet. Un enfant suffit pour ce travail qui ne consiste qu'à mettre en mouvement deux pédales.

119. On chauffe double, c'est-à-dire qu'il y a toujours une barre de fer au feu et une barre en main ; mais pour commencer le travail ces deux barres sont au feu. On les chauffe au rouge-blanc à l'une de leurs extrémités sur une longueur de quelques centimètres.

Le maître forgeur en retire une, la tenant de la main gauche par l'extrémité postérieure qui n'est pas assez chaude pour qu'il soit nécessaire de la saisir avec une pince ; il place la partie rouge sur la chabotte de manière que le bout de la barre arrase le tranchant antérieur de cette étampe, puis il pose sur la barre l'étampe à manche qu'il tient de la main droite. Le frappeur placé de l'autre côté de l'enclume, face au maître, frappe sur la tête de cette étampe à l'aide d'un marteau de huit kilogrammes environ à manche assez court.

Pendant que celui-ci frappe à petits coups précipités sur l'étampe, le maître fait tourner la barre sur elle-même ; ils façonnent ainsi une boule qui tient encore à la barre par une espèce de jet que le tranchant postérieur des étampes a formé, fig. 96 ; Figure 96.
enfin lorsque le bout de la barre est déjà bien arrondi et le jet assez mince, le maître pose l'étampe à manche sur l'enclume, prend une tranche emmanchée, espèce de ciseau d'acier, et la tient sur le jet ; le compagnon frappe dessus et sépare ainsi de la barre la balle

qui présente une protubérance due au jet par lequel elle tenait à la barre.

Le maître reporte la barre au feu, la recouvre de combustible pour qu'elle se chauffe rapidement.

Figure 95. Pendant ce temps le frappeur, à l'aide d'une petite pince fig. 95, qu'il tient de la main gauche, dispose la balle dans la chabotte de façon que son jet soit en-dessus, il donne alors un bon coup de marteau pour refouler cette partie.

Toutes les balles excepté la première présentent deux jets; on les dispose dans la chabotte de façon que l'un soit en dessous l'autre en-dessus.

Le maître, après avoir mis la barre au feu, revient près de l'enclume, et de la main gauche, à l'aide d'une pince pareille à celle du frappeur, il place la balle de façon que le jet soit dans la verticale, la recouvre par l'étampe à manche qu'il tient de la main droite. Le compagnon frappe un coup de marteau sur l'étampe pour refouler les jets; puis le maître fait tourner la balle par petits mouvements s'aidant de sa pince et de l'étampe à manche qu'il tient sur la balle, tandis qu'après chaque mouvement le frappeur donne un coup de marteau sur cette étampe dirigée vers lui pour plus de facilité; la balle finit par s'arrondir après quelques coups. Le maître la pousse hors de l'étampe; elle tombe à terre dans une cavité où on en laisse accumuler un certain nombre avant de les enlever.

120. Le maître retourne à la forge, et prend l'autre barre qui est suffisamment chaude et recommence la même opération. Dès que la fabrication est en train, le frappeur a soin, quand une balle est finie, de mouiller le fond des étampes pour rafraîchir le métal et l'empêcher de se détremper. Cela offre d'ailleurs l'avantage de donner des balles plus nettes, mieux décapées ou mieux dé-

pouillées d'oxide.

Produit du travail. 121. Un maître forgeur et son frappeur peuvent faire cinq à six cents balles du N.° 5 bis dans douze heures de travail; les balles N.° 6 bis sont un peu plus fortes, et on en fait un peu moins dans le même temps.

Le travail marche assez vite pour que les balles finies soient encore rouges, mais elles sont bientôt noires et assez froides pour qu'on puisse les saisir à main. On les enlève dans des rasses, espèce de paniers, et on les porte dans un local particulier où un officier assisté d'un contrôleur procède à leur réception.

Réception des balles.

122. Dans les balles en fer coulé la couture et le jet doivent être bien abattus. Quant aux balles en fer forgé comme elles n'ont été conservées pour les pièces de campagne, (malgré leur prix élevé), qu'à cause de leur densité supérieure à celle des balles de fonte, on exige que les balles N.° 4 bis, 5 bis et 6 bis pèsent au moins 218, 143, et 70 grammes, ce dont on s'assure en prenant le poids d'un certain nombre.

Figure 96 Toutes les balles de fonte ou de fer battu se reçoivent au moyen de lunettes doubles fig. 96; on ne reçoit que celles qui, sans défauts apparents, ne passent dans aucun sens dans la petite lunette et qui passent dans tous les sens à la grande. Ces lunettes sont exécutées sur un manche commun pour la facilité même de leur emploi.

123. Pour procéder à cette réception, on commence par faire rouler les balles de fer battu les unes sur les autres dans les paniers, en donnant à ceux-ci un mouvement de bascule, dans le but de débarrasser les balles des paillettes d'oxide qui les recouvrent, et qui les empêcheraient de passer à la grande lunette, bien qu'elles n'aient que le diamètre voulu.

Le contrôleur s'assoie devant un panier rempli de balles et placé sur un banc; il tient la lunette double dans une position horizontale, la petite lunette en avant, prend les balles une à une, les présente à la petite lunette; si elles y passent, il les met au rebut dans un panier à part; et si elles n'y passent pas il les fait passer dans la grande; elles tombent dans un autre panier posé à terre entre ses jambes.

Cette opération va très vite. On peut dans une heure recevoir 950 à 1000 balles.

124. En général les balles en fer battu sont plutôt trop petites que trop grosses, cela tient sans doute à ce qu'elles sont faites à chaud et que le métal se retire sur lui-même; cependant il n'y en a que très-peu qui passent dans la petite lunette, et encore moins qui soient trop grosses ou qui ne passent pas dans la grande; cette dernière circonstance ne peut se présenter que quand les étampes sont fortement agrandies par le travail. Aussi faut-il, pendant la fabrication, vérifier de temps à autre les balles qui sortent de ces étampes.

125. Les balles sont expédiées par poids de 100 Kilog. environ, dans de petits barils qui doivent être pleins. On prend le poids du baril; on y met les balles comptées d'avance par centaines, on en retire ou on en ajoute quelques unes pour remplir le baril et obtenir un poids qui s'approche de 100 Kil. On ferme le baril et pour plus de solidité, on met au-dessus du jable un cercle que l'on cloue intérieurement sur les douves. On inscrit d'une manière durable, sur l'un des fonds du baril, 1° le poids net ou poids des balles qu'il contient pour payer le fournisseur, 2° le poids brut ou poids du baril et des balles pour payer l'agent des transports militaires qui les expédie à destination à ses risques et périls, 3° le nombre des balles contenues dans le baril,

attendu que c'est au nombre que ces objets sont pris en remise, par le garde d'Artillerie, dans les magasins de l'état.

Chapitre 2.

Fabrication des flasques d'affûts de mortiers.

Inconvénients du moulage en terre.

126. Les moules pour couler les flasques d'affûts de mortiers se faisaient autrefois en terre, mais ce procédé de moulage exigeait beaucoup de temps et de dépenses pour la confection des moules et leur dessiccation dans une étuve; il ne donnait pas des surfaces nettes et laissait à faire sur les flasques un travail considérable de ciselage. Les moules se déformaient et donnaient aux flasques des surfaces gauches qui ne leur permettaient pas de s'assembler exactement sur les entretoises; enfin les mortiers, mal assis sur ces flasques, avaient un tir incertain; on a dû abandonner ce procédé pour le moulage en sable employé pour la plupart des pièces coulées en fonte dans les fonderies.

Moulage en sable.

Description des modèles.

127. Les premiers modèles de flasques étaient en pierre, par conséquent très-lourds et sujets à se briser ou à s'écorner. On leur substitua des modèles en bois divisés en deux parties par un plan vertical passant par le milieu de l'épaisseur du flasque supposé mis en place; mais ils se voilaient et se faussaient bientôt par la chaleur et l'humidité; on essaya alors les modèles creux en planches de cuivre renforcées par des traverses intérieures; ces derniers coûtaient fort cher et se détérioraient complètement sous les coups répétés des battes pendant le moulage.

Figures 97 et 98.

128 Aujourd'hui on est revenu aux modèles en bois, fig. 97 et 98;

mais pour leur donner de la rigidité on les forme de trois plateaux de bois de noyer superposés dans le sens de l'épaisseur du flasque,

Figures 99, 100 et 101. fig. 99, 100 et 101, et disposés de façon que les deux plateaux extérieurs, pris chacun dans un seul madrier, ou deux au plus, aient le fil du bois dirigé dans la longueur du flasque, tandis que le plateau du milieu, composé de huit à dix bouts assemblés à rainures et languettes, a le fil du bois dirigé dans le sens de la hauteur du flasque. De plus, pour relier entre eux les trois plateaux, deux de ces bouts de planches sont plus épais que les autres et pénètrent à queue d'aronde dans les plateaux extérieurs fig. 100.

On donne à cet assemblage les formes exactes du flasque, avec ses dimensions augmentées de 0,m007 par mètre pour suffire au retrait de la fonte après la coulée.

Mais pour que ce modèle puisse sortir du moule, sans qu'on soit obligé de lui donner de la dépouille, c'est-à-dire sans obliquer le plan des bases sur les faces verticales, ce qui est nuisible à la solidité des flasques assemblés en affût: on le divise en trois parties: l'une **A** fig. 97 et 98, fort petite ne comprend guère que le mentonnet: les deux autres **B**, **C**, composant le corps du flasque, sont séparées dans le sens de sa longueur par un plan, de façon que la partie inférieure, celle qui forme la base du flasque, soit un peu moins haute que la partie supérieure.

Les plans de division sont légèrement inclinés sur les grandes faces du modèle pour que l'on puisse retirer du moule le mentonnet d'abord, puis la partie inférieure et la partie supérieure.

Le mentonnet est réuni au corps du modèle par une coulisse en queue d'aronde, les deux autres parties sont reliées par trois coulisseaux **l** ménagés sur la partie inférieure, et par deux boulons **m** dont les têtes sont placées dans des entailles pratiquées

dans cette partie, et masqués par des plaques mobiles en bois. Le bout fileté de ces boulons entre dans des écroux en métal adaptés sous la partie supérieure du modèle.

Sur la face du modèle, qui correspond à l'intérieur de l'affût de mortier, et qui dans le moulage se trouve en dessus, il y a cinq trous n garnis d'écroux en fer: un dans le mentonnet et deux dans chacune des autres parties du modèle pour y introduire des vis ou tire-fonds destinés à retirer le modèle quand le moulage est terminé.

Ces trous sont recouverts de plaques en fer encastrées dans le bois, fixées par des vis, et qu'on enlève au moment d'y mettre les tire-fonds.

Enfin vers le milieu de chaque grande partie du modèle, il y a un trou o garni d'une douille en fer pour recevoir le bout d'un ringard ou d'une barre de fer, sur laquelle on frappe latéralement pour déhocher le modèle, c'est-à-dire pour le disposer à sortir du moule. Chaque douille est soudée sur une plaque en fer encastrée et fixée comme les précédentes sur le modèle.

Les modèles ainsi établis servent longtemps sans avoir besoin de réparations; quand les arêtes sont trop altérées, on les garnit en cuivre laiton. Il faut un modèle particulier pour chaque flasque dans chaque calibre.

129. Quand les trois parties du modèle sont retirées du moule, elles sont assujetties de nouveau par un autre moulage ou pour assurer leur conservation.

130. Le moulage des flasques se fait sans chassis dans le sol de l'usine, ce qui dispense de l'emploi d'une grue, ou bien en chassis lorsqu'on peut disposer d'une grue pour enlever le moule. Dans les deux cas le moule est placé à plat pour le coulage.

Moulage sans châssis.

131. Dans le moulage dit sans châssis, on emploie cependant une espèce de châssis appelé fausse pièce; c'est un cadre rectangulaire en

Figure 102. fonte fig. 102, dont la longueur et la largeur dépassent les dimensions correspondantes du modèle d'environ 6 centimètres; ses côtés ont à peu près 3 centimètres d'épaisseur et 217 millimètres de hauteur pour les gros calibres. Il est divisé dans sa longueur par des traverses minces ou cloisons espacées de 11 à 13 centimètres qui affleurent son bord supérieur, mais qui ont 18 millimètres de moins en hauteur que ses côtés, afin qu'il y ait cette épaisseur de sable entre le dessous des cloisons et le modèle sur lequel on pose la fausse pièce pour le moulage.

Cette fausse pièce porte une poignée à chaque angle pour tous les calibres et une de plus au milieu de chaque grand côté pour les gros calibres.

Sur les traverses de la fausse pièce, et du côté qui sera appliqué sur le modèle du flasque, on fixe à l'aide de fil de fer deux cadres faits avec des bandelettes de fer et présentant la forme des embrèvements du flasque. Ces cadres sont destinés à supporter le sable qui doit former le noyau d'embrèvement, relief chargé de réserver dans le moule les embrèvements du flasque. Les cadres sont moins grands que les embrèvements et présentent aussi moins d'épaisseur afin qu'il y ait une couche de sable d'un centimètre entre chaque cadre et le fond des cavités correspondantes du modèle, ainsi qu'entre leur contour et celui de ces cavités.

La disposition des traverses de la fausse pièce est d'ailleurs telle que quand celle-ci est posée sur le modèle du flasque, les trous o, ménagés dans ce modèle pour le déchochage, tombent entre 2 traverses.

La même fausse-pièce peut servir aux deux flasques d'un même calibre; mais, quand les cadres d'embrèvement y sont adaptés, il faut une fausse-pièce pour le flasque droit et une pour le flasque gauche.

Exécution du moulage sans chassis.

Figures 103 et 104.

182. Deux mouleurs exécutent dans le sable de l'usine fig. 103, et 104, une fosse a, b, c, d, d'une profondeur égale à l'épaisseur du flasque, mais dépassant le modèle de 15 à 16 centimètres tout au tour, en garnissant le fond avec du sable humide et gras, et y placent le modèle, les embrèvements en dessus; ils assurent sa position par deux piquets e à tête carrée plantés vers les entailles de manœuvre, frappent sur le modèle pour en prendre l'empreinte dans le sable, et l'enlèvent de la fosse.

Ils placent dans le sable, à deux centimètres environ au-dessous de sa surface, dans des rigoles creusées à cet effet dans le sens de la largeur du moule, sept baguettes de coudrier f destinées à ménager des évents, et dont le gros bout dépasse le modèle du côté de l'encastrement des tourillons pour qu'on puisse les retirer plus tard au moment convenable.

Ils recouvrent ces baguettes de sable, en conservant à la surface du moule la forme que l'impression du modèle lui a donnée; ils mettent sur cette surface avec un tamis fin une couche de quelques millimètres d'épaisseur de sable mêlé de 1/6 de houille; ils replacent et ôtent plusieurs fois le modèle en l'ajustant sur les piquets, jusqu'à ce que la surface du sable soit bien moulée; ils laissent alors le modèle et enlèvent les piquets.

No. La houille mêlée au sable, qui recouvre la surface intérieure du moule, exige un grand nombre d'évents pour le dégagement des gaz qu'elle produit en brûlant; on pourrait pour éviter cet inconvénient remplacer la houille par des cendres pulvérisées, ou employer

du sable calciné provenant de moules qui ont servi.

133. Les deux mouleurs, dont l'un se place sur le modèle, pressent à la main du sable autour du modèle en garnissant ses faces avec du sable mêlé de houille; ils dament le sable, l'arrasent et le polissent.

Les mouleurs et des aides placent alors la fausse-pièce sur le modèle, les cadres en fer entrant dans les embrèvements à égale distance de leurs contours; ils déterminent la position de la fausse pièce par des piquets enfoncés dans le sol; ils donnent sur la fausse-pièce quelques coups de masse pour s'assurer qu'elle porte bien sur le sable, et l'enlèvent.

Un des mouleurs nettoie le modèle avec un soufflet à main; il introduit dans le trou de déhochage deux chevilles assez longues g pour dépasser le dessus de la fausse-pièce quand elle sera mise en place; ces chevilles sont destinées à réserver, dans l'épaisseur des moules, les trous par lesquels on fera passer les ringards pour déhocher; il saupoudre légèrement le modèle de charbon ou de sable calciné et le recouvre de quelques millimètres de sable gras à la houille; l'autre mouleur, avec un pinceau recouvre d'argile délayée le dedans de la fausse-pièce et les cadres pour y faire adhérer le sable qu'on y tassera plus tard.

Les deux mouleurs replacent la fausse-pièce, en la faisant bien appuyer sur les piquets de repère, prennent des petits T en fonte trempés dans l'eau argileuse, en placent 16 ou 18 autour et en dedans de chaque cadre pour soutenir les noyaux d'embrèvement, les faisant pénétrer dans le sable qui recouvre le modèle et les assurent avec d'autre sable entre les traverses de la fausse-pièce.

Ils posent entre les deux embrèvements, au milieu de la longueur du flasque, deux modèles en bois de jet d'abreuvement h, ou gros

évents un peu coniques de 316 millimètres de hauteur et de $0^m,034$ de diamètre au petit bout; remplissent la fausse pièce de sable par couches successives fortement battues, et font avec une baguette de fusil de nombreux évents entre toutes les traverses; ils enlèvent les chevilles des trous de déhochage et les remplacent par deux ringards en fer sur lesquels ils frappent en tous sens avec une masse pour détacher le modèle du sable; ils retirent les ringards, bouchent les ouvertures avec du sable battu; enfin ils ôtent les modèles des évents et évasent l'orifice des trous que ces modèles produisent.

134. Les mouleurs, aidés par un nombre suffisant de manoeuvres, enlèvent la fausse pièce par les poignées, la renversent à côté de la fosse et réparent la partie du moule qu'elle renferme.

Deux buses en tôle roulée I, de 270 millimètres de longueur et 40 millimètres de diamètre intérieur, sont enterrées dans des rigoles pour conduire la fonte; elles sont placées l'une à l'entaille de la tête du flasque, l'autre entre les deux embrèvements près de celui de la queue; leur surface intérieure arrase le dessous du modèle.

Deux modèles de jet K, de 54 millimètres de diamètre en bas et 80 millimètres en haut, sont placés verticalement à l'extrémité des buses; le sable est fortement serré tout autour.

Avec une baguette en fer recourbée, on creuse des évents à 27 millimètres de distance l'un de l'autre sous le moule, autour et contre les bords du modèle, puis on retire les baguettes de coudrier qui forment de gros évents.

Démoulage

135. Les mouleurs enlèvent alors l'une après l'autre, à l'aide de tire-fonds, les trois parties du modèle (3) après avoir dévissé les boulons et après avoir mouillé au pinceau les contours du moule.

Ils réparent le moule, le saupoudrent de poussière de charbon et impriment sur la surface extérieure le nom du lieu et la date de la coulée, au moyen d'une planchette ou d'un gabarit qui en détermine la position.

La fausse pièce est replacée dans ses repères; on la charge, aux quatre angles et au milieu des grands côtés, de 800 kilog. environ pour qu'elle ne soit pas soulevée par le métal liquide. Le moule est prêt à recevoir la fonte, fig. 105.

Figure 105. Coulage.

136. Au moment de couler on retire les modèles des jets, on évase leur ouverture et on couvre le moule de paille qu'on allume, quand la fonte y arrive, pour enflammer les gaz et faciliter leur dégagement.

On coule par les deux bases à la fois, avec deux chaudières en fonte contenant chacune 250 à 300 kilog. de métal; on verse d'abord lentement et progressivement plus vite en écartant les crasses. Le moule étant rempli, on continue à verser de la fonte dans les jets d'abreuvement tant qu'ils peuvent en contenir, en la remuant avec un bâton pour l'empêcher de se figer. Deux heures après la coulée, on procède au dépouillement du flasque.

Moulage en chassis.

Description du chassis et de la fausse pièce. Figures 106 et 107.

137. Le moulage en chassis exige l'emploi d'une grue. On doit le préférer lorsqu'il en existe une dans la halle des fourneaux.

Les chassis, dont on se sert, sont en fonte, composés de deux parties, un corps de chassis ou chassis proprement dit fig. 106, et une fausse pièce, fig. 107, reliées par des plaques à oreilles percées et des boulons à clavette.

Le dessous du chassis porte trois traverses destinées à soutenir le sable dont le moule est fait, et le modèle lui même dans les mouvements que nécessite le moulage; le dessus de la fausse pièce présente.

des barres transversales et une barre longitudinale.

Il n'y a pas de cadres pour former les noyaux des embrèvements, que l'on n'a pas besoin de soutenir puisqu'ils se trouvent dans le fond du moule terminé. Il en résulte que l'ensemble d'un chassis et de la fausse-pièce peut servir indifféremment pour les deux flasques d'un même calibre.

Du modèle

138. Les modèles sont les mêmes que pour le moulage sans chassis, excepté que les plans de division des trois parties sont inclinés en sens contraire parcequ'au moment du démoulage, c'est la face des embrèvements qui se trouve en dessous dans le chassis.

Exécution du moulage. Figures 108 et 109.

139. Pour faire le moule, on met le modèle M, fig. 108, sur une planche de fond N, les embrèvements en-dessus; on le recouvre du chassis O, les traverses en dessus, et on remplit le chassis de sable comme à l'ordinaire. Au moyen de la grue on enlève et on retourne l'ensemble de la planche à mouler et du chassis rempli; on enlève la planche, on assemble la fausse pièce P, fig. 109, sur le chassis, et on la remplit de la même manière; puis on l'enlève, on retire le modèle; on assemble de nouveau les deux parties du chassis, la fausse pièce en-dessous, et tout est prêt pour le coulage, fig. 110.

Figure 110.

Coulage.

140. La fonte est conduite, par une rigole, du haut-fourneau dans une chaudière suspendue à la grue et que l'on a descendue dans une fosse devant le fourneau. On enlève la chaudière et on coule par des jets pratiqués dans le sable même du chassis. Lorsque les flasques sont refroidis, un ébarbeur les nettoie et fait disparaître les traces des jets et des évents.

Visite et réception des flasques.

141. Les flasques sont visités: on reçoit provisoirement ceux qui ne présentent pas de défauts pouvant motiver un refus immédiat; mais ils sont soumis plus tard à une épreuve.

Les flasques doivent être en fonte grise, tenace, facile à forer et à buriner. Leur assiette doit être unie et la bisure des jets bien effacée. Ils doivent être exactement dressés et ne présenter ni fente ni cavité ou enfoncement.

Au moyen de gabarits, de calibres, et d'équerres on s'assure que les principales dimensions sont observées; que les diverses faces sont bien dans leur position relative, et que les génératrices de l'encastrement des tourillons sont perpendiculaires à la face intérieure du flasque.

Forage des trous. Après cette vérification, on fore les trous pour les boulons d'assemblage et de manœuvre, et on soumet chaque flasque individuellement à l'épreuve suivante prescrite par décision ministérielle du 29 février 1836.

Epreuve. Le flasque, placé sur une plate-forme horizontale, porte un faux tourillon en bronze dans son encastrement et reçoit une seule fois sur ce tourillon au moyen d'un appareil convenablement disposé, figure 111, le choc d'un mouton sphérique en fonte de 677 kilog. tombant sur l'angle de 60° et d'une hauteur qui pour les mortiers des trois calibres de 32, 27 et 22$^{c.m}$ est respectivement de 3^{m},50, 2^{m},40 et 1^{m},60.

Figure 111.

On rebute les flasques qui après l'épreuve montrent des fentes et des cavités &c. Ceux qui ont résisté sont définitivement reçus.

Chapitre 3.

Fabrication des Essieux.

162. Tous les essieux employés dans l'Artillerie sont faits en fer forgé parce que ce métal, qui est très-résistant, peut donner d'excellents produits, parce que, jouissant de la soudabilité, il permet de réparer les essieux en y soudant du fer et parce qu'il est d'ailleurs d'un prix modéré.

L'acier et la fonte, vu leurs propriétés physiques, ne peuvent servir à faire des essieux. L'acier, s'il était très tenace, permettrait de réduire la grosseur de l'essieu ainsi que le diamètre des fusées et par suite le frottement des boîtes de roues, mais il est ordinairement trop cassant et de qualité trop variable pour qu'on puisse compter sur lui, surtout s'il s'agit des essieux de l'artillerie. et on préfère donner aux essieux un peu plus de poids et des fusées plus grosses, et avoir une sécurité parfaite au sujet de leur résistance. Si le fer est de bonne qualité, comme il n'a pas la fragilité de l'acier, l'essieu ne cassera pas, et pourra fléchir légèrement parce que le fer n'est pas aussi rigide que l'acier ; mais cela n'a pas de graves inconvénients. D'ailleurs l'acier est trop cher pour être employé à cet usage.

Quant à la fonte de fer, si commode pour couler de gros arbres de couche, elle est trop fragile pour qu'elle puisse servir dans ce cas. Les essieux devraient avoir des équarrissages considérables pour s'opposer à la rupture, leur poids serait plus fort, et les fusées plus grosses donneraient un frottement plus grand; mais la fonte fût-elle suffisamment résistante, on devrait encore

la proscrire ici parce qu'étant privée de soudabilité, on ne pourrait réparer les essieux qui se casseraient, ce qui aurait les plus grands inconvénients à la guerre.

143. La nomenclature, la forme et les dimensions de ces essieux se trouvent dans l'aide-mémoire, et dans le cours sur le service des officiers d'artillerie dans les forges (*); le cours d'artillerie de l'École d'application fait d'ailleurs connaître les motifs de leurs formes, ainsi nous n'aurons à nous occuper ici que de leur fabrication.

144. Nous ferons cependant remarquer, quant à la forme, qu'autrefois le corps d'essieu était plus étroit en dessus qu'en dessous d'environ 0^m,002; cette différence qu'on appelait l'entrée facilitait l'encastrement de l'essieu dans la partie en bois qui doit le recevoir; mais pour donner l'entrée il fallait monter le marteau, servant à forger l'essieu, de façon que sa panne fut un peu inclinée sur la table de l'enclume, ce qui présentait quelques difficultés dans l'exécution. On a donc supprimé l'entrée en recommandant toutefois de ne jamais tenir le dessus de l'essieu plus large que le dessous.

145. Tous les essieux employés dans l'artillerie sont faits dans les usines des maîtres de forge; mais comme le bon service des affûts et voitures de l'artillerie dépend en grande partie de la bonté des essieux, il est essentiel de s'assurer que l'on n'emploie pour les confectionner que des fers d'excellente qualité et que l'on suit les meilleurs procédés de fabrication; aussi les essieux, comme les projectiles et autres fers coulés ou forgés, sont faits sous la surveillance des officiers

---

(*) Ce dernier ouvrage, qui se trouve à la bibliothèque de l'École d'application, contient une description détaillée de la fabrication des essieux.

ou employés de l'artillerie (*)

Qualités du fer employé pour forger les essieux.

146. Le fer dont on se sert pour confectionner les essieux doit être fort, ductile, nerveux, et parfaitement affiné afin que les essieux résistent bien aux pressions et aux chocs qu'ils éprouvent dans le service.

On pourrait croire que le fer fort et dur convient le mieux parce que les essieux doivent supporter de grands efforts sans se rompre et sans ployer ; mais le fer de cette nature résiste généralement mal à l'épreuve du mouton (197) que l'on fait subir aux essieux pour les recevoir, et comme en définitif, il vaut mieux avoir sur le champ de bataille un essieu légèrement courbé qu'un essieu rompu, on préfère employer le fer fort et un peu tendre, pourvu qu'il ne soit pas trop flexible.

Si on était certain que le fer dont on dispose fût d'excellente qualité, comme celui que donne une fonte provenant elle-même de minerais de premier choix et parfaitement affinée au charbon de bois par la méthode allemande, on pourrait étirer les essieux de la loupe elle-même, ainsi qu'on le fait pour les essieux du commerce, mais comme on doit toujours craindre que le fer ne présente pas toutes les garanties désirables, l'artillerie fait fabriquer ses essieux au moyen de trois ou quatre grosses barres de fer plat, nommées mises figure 112, que l'on superpose et que l'on soude, ainsi qu'on le verra (157 et 158) pour en faire un seul prisme carré, étiré ensuite suivant la forme de l'essieu.

Figure 112.

147. Autant que possible on rejette les fers qui se piquent à une

---

(*) Les essieux que le corps du génie emploie pour les voitures sont faits en suivant les mêmes procédés et dans les mêmes usines que pour les essieux d'artillerie.

température plus élevée que le rouge cerise, degré de chaleur auquel on doit travailler les essieux pour bien souder les mises, et on évite surtout de se servir des fers cassants à froid.

Cependant si on était obligé d'employer du fer d'une qualité médiocre ou douteuse, il faudrait d'abord, pour améliorer le métal, composer des mises en superposant et soudant trois ou quatre barres étirées de la loupe, corroyer ensuite séparément les mises ainsi obtenues, enfin les réunir pour former l'essieu. C'est ce procédé que l'on suivait à Hayange avant qu'on ne connût la fabrication des mises en rognures de tôle.

148. Mais en tirant ainsi les barres de fer de la loupe elle-même, et en corroyant les mises, ce qui coûte de la main-d'œuvre et du combustible, et donne lieu à un grand déchet, on augmenterait le prix de revient du fer et par suite celui des essieux. C'est ce qui a engagé à chercher pour faire les essieux à tirer parti des chutes de fer qui proviennent d'autres fabrications et qui, tout en présentant les qualités désirables sous le rapport de la ténacité, restent sans emploi dans les forges.

Ainsi vers 1825 on a commencé à faire, avec des rognures de tôle soudées ensemble, des mises qui ont fourni d'excellents essieux. La fabrication de la tôle de fer donne environ 22 Kilog. de rognures par 100 Kilog. de fer employé; dans les tôleries un peu considérables on aura donc toujours une grande quantité de rognures qui se trouveront utilisées de la manière la plus avantageuse dans la fabrication des essieux.

Résumé de la fabrication. 149. Cette fabrication se compose de nombreuses opérations que l'on peut résumer comme il suit:

1.° La confection des mises et leur réunion en trousse.
2.° L'ébauchage du corps de l'essieu.
3.° Le relevage des talons.
4.° L'ébauchage des fusées.
5.° Perçage des trous d'esse.
6.° Renvoi des fusées.
7.° Perçage des trous du corps.
8.° Recuit des essieux.
9.° Tournage des fusées.

Quelques unes de ces opérations sont suivies de visites faites par les officiers et contrôleurs de l'artillerie chargés de surveiller la fabrication des essieux; ceux-ci sont reçus après avoir subi des épreuves particulières (195).

1.° Confection des mises et réunion en trousse.

Confection avec des rognures de tôle.

150. Pour fabriquer les mises avec des rognures de tôle, on forme avec celles-ci des paquets de deux à trois kilog. au plus, enveloppés par l'une d'elles, et on jette cinquante à soixante kilog. de ces rognures dans un four à réverbère chauffé à la chaleur blanche, ce qui demande environ six heures de feu.

Ce four est semblable aux fours à Puddler avec cette différence que la sole au lieu d'être en fonte est en sable réfractaire provenant de cailloux pulvérisés, parce que le coup de feu, qu'on doit donner pour souder les rognures, est beaucoup plus fort que pour affiner la fonte, et qu'une sole en fer coulé serait bientôt détruite, malgré la précaution qu'on prend de la tenir couverte de laitier. Cette sole est d'ailleurs légèrement concave pour mieux retenir le laitier, et le pont est assez élevé (25 à 27 centimètres) pour mieux soustraire les rognures à l'action directe de l'air chaud.

Dans le même but on étend les paquets sur la sole et

lorsqu'ils arrivent au blanc soudant, on les saupoudre de laitier pulvérisé pour que la flamme ne les brûle pas. On peut aussi employer la poudre d'argile qui fait l'office de fondant à l'égard de l'oxide qui recouvre ordinairement les rognures

Former la loupe et l'étirer

151. Quand les paquets arrivent à l'état pateux, on donne un fort coup de feu, en ouvrant le registre de la cheminée; on rassemble les paquets en une loupe à l'aide du ringard; si le four est très chaud, si tout marche bien, il faut environ quinze minutes pour souder les paquets et achever la loupe; on la sort du four, et on la porte sous le marteau cingleur (gros marteau à bascule, ou mieux un marteau frontal), pour rapprocher les parties, en exprimer le laitier, et donner à la loupe la forme d'un prisme à huit pans de dix à douze centimètres d'équarrissage dans lequel on voit encore quelques rognures de tôle imparfaitement soudées aux autres.

152. Cette pièce encore chaude est portée dans un feu de chaufferie ou dans un four à réverbère; puis chauffée au rouge blanc et étirée sous un gros marteau ordinaire en barres plates, de onze à treize centimètres de largeur, de trois à cinq centimètres d'épaisseur que l'on coupe en bidons ou mises fig 112, de cinquante-cinq à soixante cinq centimètres de longueur. Au reste ces diverses dimentions varient avec le numéro d'essieu que les mises doivent donner.

Mais dans les usines où il y a des cylindres étireurs on procède différemment, pour profiter de ces appareils expéditifs: aussitôt que le four à réverbère à souder les rognures est rechargé de paquets, on y place la pièce que l'on veut étirer, et quand celle-ci est arrivée au blanc soudant, on la passe dans les cannelures des cylindres pour l'étirer en barres de la largeur et de l'épaisseur qui convient aux mises; il ne s'agit plus alors que de couper ces barres à chaud et à la cisaille, au sortir du cylindre, en mises de longueur déter-

minée pour chaque numéro d'essieu.

153. Ce fer de rognure est difficile à souder, à cause de l'oxide qui recouvre les rognures; mais il supporte bien le feu; à l'état de mises et sous l'équarrissage des essieux il jouit d'une grande ténacité et ne présente que du nerf; aussi devra-t-on suivre ce procédé de préférence aux autres toutes les fois qu'on pourra se procurer des rognures de tôle.

Mises étirées du fer provenant de la loupe.

154. A défaut de rognures, les mises pour essieux sont étirées directement de la loupe provenant de l'affinage à l'allemande, si le fer est d'excellente qualité; mais presque toujours, pour plus de garantie, elles sont formées en superposant d'abord plusieurs barres que l'on soude et que l'on corroye pour améliorer le fer; la barre de fer qui résulte de ce travail est cassée à froid aux longueurs voulues pour obtenir des mises; la rupture se fait à l'aide de quelques coups de ciseau et d'une masse, afin que le contrôleur, chargé d'examiner ces mises, puisse reconnaître à la cassure celles qui ont des défauts et qui doivent être rebutées.

Cette précaution est indispensable quand les barres de fer, découpées en mises pour essieux, sont étirées directement de la loupe (126)

155. Quelque soit le procédé employé pour confectionner les mises, celles-ci doivent être bien dégauchies afin qu'appliquées les unes sur les autres, quand on formera la trousse (157), elles ne laissent pas de vides où se logeraient du charbon et des scories qui empêcheraient le soudage.

Les mises destinées à un même numéro d'essieu doivent de plus offrir la même longueur et la même largeur; il y en a de deux épaisseurs pour chaque numéro d'essieu, parce que les mises placées à l'extérieur de la trousse sont plus exposées au feu que les autres et doivent être un peu plus épaisses.

Réunion des mises en trousse.

156. Il paraît avantageux d'augmenter le nombre des mises

entrant dans la confection d'un essieu, tout en les faisant de la meilleur qualité possible, parce que le fer est d'autant plus tenace qu'il se compose d'un plus grand nombre de lames ou mises superposées et soudées. Cependant, comme en réduisant ce nombre il y a économie de main-d'œuvre et réduction dans le prix de revient, on a essayé de faire des essieux de deux mises; mais ils ont donné aux épreuves beaucoup de rebuts qui ont plus que compensé cette économie. C'est pourquoi le règlement a prescrit de faire les essieux de trois mises au moins; on les fait généralement de quatre mises.

Si le fer est rouverin, s'il se soude difficilement, il vaut mieux diminuer le nombre des mises que de l'augmenter, parce que, pour donner aux mises intérieures de la trousse la chaleur convenable à la soudure, on risquerait de brûler celles du dehors.

157. Les mises destinées à un essieu sont posées à plat les unes sur les autres, se joignant le mieux possible, les minces en dedans, et maintenues ensemble à peu près au milieu de leur longueur par un étrier en fer serré à l'aide de coins également en fer; elles constituent ainsi une trousse fig. 113, dont le poids, variant de 80 à 125 Kilog. selon le numéro d'essieu qu'elle doit donner, est généralement de 50 pour cent plus fort que celui de cet essieu terminé.

Figure 113

2° Ebauchage du corps de l'essieu.

158. L'ébauchage du corps de l'essieu consiste à souder les mises de la trousse et à en former un gros prisme carré qu'on étire à l'équarrissage du corps et sur lequel on ménage les talons.

159. On a dû se demander s'il valait mieux que le plat des mises fût placé verticalement, c'est-à-dire de champ dans l'essieu supposé mis en place, ou si le plat des mises devait être horizontal;

des expériences directes prouvent que les essieux ne résistent pas mieux dans un cas que dans l'autre, mais, comme il faut réserver une saillie sur la face supérieure de l'essieu, pour faire les talons destinés à pénétrer dans les parties en bois qui reçoivent l'essieu et à l'empêcher de se mouvoir dans le sens de sa longueur; il est bon que toutes les mises participent à la confection des talons; elles seront donc disposées de champ. Si elles étaient horizontales, il pourrait arriver que la mise supérieure fût mal soudée à la suivante et que le talon, formé seulement par cette mise, n'eût pas la solidité convenable

160. Le nombre de chaudes à donner pour ébaucher un essieu peut varier avec sa grosseur, la soudabilité du fer et l'adresse de l'ouvrier. Il est rare que celui-ci puisse souder la trousse en deux chaudes; il ne le fait que pour montrer son adresse et on doit défendre ce procédé : trois chaudes suffisent généralement; un plus grand nombre de chaudes a l'inconvénient de consommer plus de charbon et plus de fer, et de brûler le métal ce qui altère la qualité de l'essieu.

161. Pour ébaucher un essieu, il faut ordinairement un chauffeur spécialement chargé du feu de forge, un forgeur et un manœuvre ou goujat pour lever la palle de la roue motrice du marteau, pour assembler les mises et présenter les calibres à l'essieu pendant le travail

Le forgeur saisit la trousse avec les tenailles par l'un des bouts fig. 113, la place dans le feu de forge, et au vent, la garantissant d'ailleurs de son action immédiate par les moyens en usage (150) et met une deuxième trousse derrière la première dans le feu de forge, pour profiter de la chaleur. On chauffe un peu plus que le tiers de la longueur de la pre-

mière trousse, et quand cette partie est arrivée au blanc soudant, on la porte sous le gros marteau, en soutenant la trousse et la tenaille elle-même au moyen d'un crochet suspendu à une grue.

Le forgeur place d'abord la trousse dans le sens de la longueur de l'enclume pour serrer les mises ensemble et les coller, puis entravers de l'enclume pour achever de les souder et pour étirer la trousse en un gros prisme d'un équarrissage déterminé.

Figure 114. Il saisit alors le bout soudé avec une tenaille à coquille figure 114, et remet la trousse au feu par le bout non soudé sur lequel il opère comme sur le premier. Après cette deuxième chaude, les mises sont soudées aux deux bouts; mais au milieu du paquet et sur un peu moins que le tiers de la longueur, elles sont seulement rapprochées fig. 115 ; on reporte la trousse au feu une troisième fois, par son milieu, on lui donne une bonne chaude au blanc soudant, on la porte sous le marteau, on achève de la souder et on l'étire en un prisme carré offrant l'équarrissage du corps d'essieu.

Figure 115.

162. Mais en même temps il faut réserver au milieu de sa longueur et sur le champ des mises une surépaisseur au moins égale à la hauteur des talons pour fournir ces talons et comme ce travail se fait au gros marteau, on ne peut ménager cette masse de métal en dessus de l'essieu sans qu'il existe également en dessous, figure 116, une masse pareille qu'on refoulera dans le corps d'essieu par l'opération suivante qui est l'ébauchage des talons.

Figure 116.

163. Pour ébaucher les talons, le goujat place, en travers sur l'enclume, l'étampe ou plaque entaillée fig. 117 et 118, offrant la forme des talons d'essieu N.° 3 ou du talon simple des essieux N.os 1, 2 et 4. Le forgeur détermine le milieu de son essieu en le mettant en équilibre sur le bord de l'enclume et place ce point sur le milieu

Figures 117 et 118.

de l'étampe en dirigeant l'essieu dans la longueur de la table de l'enclume; il fait agir le marteau, et donne ainsi aux talons la forme voulue en comprimant le métal dans l'étampe, tout en dressant la face opposée.

On enlève l'étampe; le forgeur achève de mettre le corps d'essieu aux dimensions exactes; il met aussi les talons à l'épaisseur et à la largeur voulues au moyen de deux étampes: l'une A figure 119, la place au milieu des deux talons, l'autre B fig. 120, en dehors alternativement d'un côté et de l'autre. Le marteau doit frapper directement dessus.

Figure 119.
Figure 120

Les talons étant étampés à la hauteur et à la largeur prescrites, et le corps d'essieu étant lui même à l'équarrissage voulu, l'essieu est dit ébauché, fig. 121; mais il faut remarquer que dans cet état les fusées que l'on doit étirer dans les bouts du corps ne sont pas même indiquées.

Figure. 121.

164. Dans quelques usines on a abandonné l'usage de l'étampe entaillée pour l'essieu No. 3, et on ne se sert que des deux autres A et B; on pense que le fer, étant moins refoulé et pouvant glisser plus facilement sur les étampes, se conserve plus sain et qu'il y a moins de rebuts aux épreuves; les talons sont aussi plus réguliers et demandent moins de travail pour être relevés et terminés (168).

Quant au talon des essieux Nos. 1, 2 et 4 on peut l'ébaucher sans avoir recours à l'étampe, en montant le marteau de façon que le bout antérieur de sa panne soit en retraite de 0m,08 par rapport au devant de l'enclume fig. 122; on étire le corps d'essieu à l'épaisseur voulue augmentée dans son milieu de deux fois la hauteur du talon; on le forge en travers sur l'enclume de manière à obtenir au milieu de sa longueur sur les faces supérieure et inférieure

Figure 122

une protubérance de la hauteur du talon fig. 116. Plaçant ensuite l'essieu dans la longueur de l'enclume, et faisant battre le marteau contre la protubérance du dessus, d'abord en avant, puis en arrière en retournant l'essieu bout pour bout, on refoule celle du dessous qui repose sur l'enclume.

Ce procédé employé de préférence à l'étampe, il y a quelques années à Hayange, est très-utile en ce qu'il permet de travailler quand on est privé d'étampe.

Figure 123.

165. Pendant qu'on ébauche l'essieu, le goujat ou manœuvre présente de temps à autre les calibres fig. 123, en différentes parties du corps d'essieu pour voir si les dimensions dans les deux sens de l'équarrissage sont bien conservées; elles doivent avoir un excès de 0,m002 pour suffire au retrait produit par le refroidissement du fer. Cela est surtout nécessaire entre les talons, et à 7 ou 8 centimètres de part et d'autre, vu la perte que l'essieu éprouve par les chaudes ultérieures indispensables au relevage des talons (168).

Simplification de la fabrication des essieux en rognures de tôle.

Figure 124.

166. Pour simplifier la fabrication des essieux au moyen de rognures de tôle, on se dispense aujourd'hui de préparer des mises dont la confection est toujours très-dispendieuse; on forme immédiatement, pour chaque essieu, un seul gros paquet de rognures fig. 124, de forme prismatique et d'un poids variable avec la force de l'essieu. Les rognures développées et superposées les unes aux autres sont serrées entre des feuilles de tôle par trois liens en fer. La largeur du paquet varie de 0,m190 à 0,m200; son épaisseur de 0,m220 à 0,m230; sa longueur de 0,m460 à 0,m650 et son poids de 80 à 135 kilog. suivant les numéros.

Les paquets placés dans un four à réverbère sont chauffés au blanc soudant: on en tire un du four, on le saisit à l'aide d'une tenaille suspendue par une chaine, afin de pouvoir le manier

facilement malgré son grand poids, et on le porte entre deux cylindres à cannelures quadrangulaires; on l'étire à plusieurs reprises
Figure 125. pour souder les rognures et obtenir une barre carrée fig. 125, dont les dimentions varient avec le numéro de l'essieu qu'on veut faire; l'équarrissage va de 0m,118 à 0m,140, la longueur de 0m,480 à 0m,735 et le poids de 72 à 120 Kilog.

Cette barre sert immédiatement à l'ébauchage de l'essieu. Elle présente beaucoup de nerf et donne d'excellents résultats. Il importe ici, comme dans le procédé de fabrication par les mises, de relever les talons sur le champ des couches de rognures afin que toutes ces couches participent à la confection des talons et que ceux-ci offrent la solidité désirable.

1°. Visite. 167. Les essieux ébauchés sont posés sur des trétaux au grand jour et visités sur les quatre faces: les mises doivent être bien soudées; de petits défauts de soudure ne sont pourtant pas des causes de rebut; les arêtes doivent être exemptes de criques dangereuses; on vérifie les dimentions; on ne passe rien en moins sur l'équarrissage, et on tolère un léger excès qui peut être corrigé. Les essieux trop forts sont remis aux ouvriers; on poinçonne près du talon ceux qui sont reçus

3°. Relevage des talons.

168. Les talons ébauchés doivent être finis par un travail à bras qu'on appelle le relevage des talons, et qui consiste à leur donner la position, la forme et les dimensions exactes.

Pour cela on chauffe le milieu de l'essieu à la forge de maréchal et au moyen d'une chasse ronde ou carrée, fig. 126, espèce
Figure 126. de coin emmanché, placée contre le talon et sur laquelle on frappe à coup de marteau, on fait rentrer le métal, en soutenant le talon de l'autre côté avec un deuxième marteau ou tout autre masse de

fer. Sans cette précaution, le talon renvoyé alternativement dans des sens opposés se détacherait de l'essieu ; cet accident serait fréquent si les mises étaient disposées horizontalement, c'est-à-dire si les talons étaient réservés sur le plat de la mise supérieure (159).

S'il s'agit d'un essieu à deux talons, et si les talons ébauchés sont d'égale grosseur on commence par l'un ou par l'autre ; mais s'ils sont inégaux on commence par le plus petit, afin de ne pas manquer de fer pour mettre l'autre à la distance et aux dimensions voulues.

169. Le relevage du talon est une opération manuelle peu susceptible d'être décrite. Voici les précautions à prendre contre les vices de fabrication qui peuvent nuire à la bonté de l'essieu.

1°. S'il y a trop de fer aux talons, on en ôte à l'aide d'une tranche à chaud qu'on ne doit pas faire pénétrer dans l'essieu ni sous les talons ; le moindre coup de tranche dans ces endroits pourrait déterminer plus tard la rupture de l'essieu. Le meilleur moyen d'éviter les bavures et les fausses incisions serait de placer l'essieu sur une des faces adjacentes à celles des talons pendant qu'on le taille à la tranche.

2°. En relevant le deuxième talon on présente souvent une règle à crans sur l'essieu pour s'assurer que le talon est à sa place, et pour éviter de tourmenter le fer en le renvoyant de côté et d'autre.

3°. Les talons ne doivent pas être chauffés au blanc soudant, degré de chaleur qui est nuisible au corps d'essieu et qui endommage les arêtes.

170. On termine en parant ou en dressant l'essieu près des talons, soit au martinet, soit au marteau et à la rape. Ces moyens également bons ont chacun leurs avantages ; le mieux est de parer les faces au

martinet, de dresser l'intervalle des talons au marteau et d'enlever les aspérités à la rape.

2ème Visite

171. Les essieux sont alors visités une deuxième fois; on vérifie les dimensions des talons avec une règle à crans, ou gabarit figures 127 et 128. Si les talons offrent des gerçures, ou des coups de tranche, on y donne quelques coups de marteau, et si ces défauts augmentent l'essieu est rebuté.

Figures 127 et 128.

On vérifie l'équarrissage du corps en son milieu et près des talons; on examine si le corps est droit et bien dégauchi. Les essieux trop faibles sont rebutés; ceux qui sont trop forts ou mal dressés sont rendus à l'ouvrier pour être réparés. Ceux qui sont acceptés reçoivent une nouvelle marque.

Amincir les bouts du corps aux essieux numéro 2.

172. Après cette visite les essieux Nos 1, 3 et 4 sont livrés à l'étampeur de fusées (174). Quant aux essieux N.° 2 il faut encore les forger pour amincir les bouts du corps.

Pour cette opération, on monte le marteau de manière qu'il pince du talon, c'est-à-dire que la panne, légèrement inclinée sur l'enclume, est un peu relevée sur le devant; pour le bien ajuster on place sur l'enclume un modèle d'essieu N.° 2, on fait reposer la panne du marteau sur la face inclinée de ce modèle comme le montre la figure 129, et on fixe le marteau sur son manche.

Figure 129.

On détermine alors, à l'aide d'un calibre, sur l'essieu à forger, la longueur des bouts du corps qu'il faut amincir; on la marque d'un coup de poinçon sur les trois faces qui doivent être inclinées; on chauffe l'essieu et on le forge en ayant soin de maintenir la face du dessous bien en ligne droite. On doit souvent présenter les calibres pendant le forgeage, soit pour mesurer la distance des naissances des fusées au talon et la longueur de la partie amincie, soit pour maintenir l'essieu à la largeur voulue sur ses 4 faces.

173. Les essieux N.° 2 subissent alors une deuxième visite supplémentaire par laquelle on s'assure que le dessous de l'essieu est droit, que les bouts du corps sont également amincis sur les 3 autres faces et sur la longueur voulue, et que l'essieu, à l'origine des fusées, présente l'équarrissage exigé.

4.° Ebauchage ou Etampage des fusées.

174. Les essieux arrivés à ce point de fabrication ne présentent encore dans toute leur longueur que la forme d'un prisme carré. Le corps de l'essieu N.° 2 seulement est aminci à ses bouts. L'ébauchage des fusées consiste à arrondir et à étirer, en forme de tronc de cône, à chaud et au martinet, les extrémités de ce prisme carré.

L'étampeur marque d'abord, avec une tranche à froid et un marteau, l'emplacement de la naissance des fusées ou les épaulements, en déterminant leur distance aux talons à l'aide

Figure 130. d'une règle à crans fig. 130, placée sur la face supérieure de l'essieu; il tient le corps d'essieu de 3 ou 4 millimètres plus long afin de ne pas craindre de le trop raccourcir dans le travail suivant.

175. On chauffe alors, au blanc soudant dans un feu de chaufferie, l'un des bouts destiné à former les fusées; chaque bout reçoit au moins deux chaudes.

A la première, donnée à partir des épaulements et prolongée le plus possible, l'ouvrier arrondit les 3/4 au moins de la fusée avec un martinet et une enclume à cannelures tronco-

Figure 131. niques fig. 131; il fait d'abord frapper le martinet sur les quatre arêtes, tourne l'essieu à chaque coup, ménage les épaulements; il mesure le diamètre de la fusée à la naissance, à l'aide d'un calibre; il coupe les épaulements à la tranche sur

l'enclume cannelée ; les relève avec une chasse carrée, et achève d'arrondir la naissance de la fusée en se servant d'une étampe

Figure 132.

à main fig. 132.

Il faut du soin pour ne pas entailler la fusée par la tranche ; cette opération devrait être supprimée.

A la deuxième chaude, on arrondit et on étire le bout de la fusée, on mesure le diamètre à l'aide des calibres qui, servant à chaud, doivent avoir 3 ou 4 millimètres de plus que les dimensions prescrites.

Il faut d'ailleurs réserver un peu plus de fer à la hauteur des trous d'esse parce que leur perçage applatit un peu les fusées (177).

3me Visite.

176. Dans une troisième visite, on mesure et on examine les fusées : celles qui sont mal soudées, ou trop faibles, sont réparées si cela est possible ; si non, on rebute l'essieu. S'il y a des gerçures ou des coups de tranche près des épaulements, l'essieu est marqué pour être visité avec soin après le tournage des fusées. On peut ajouter du fer aux fusées trop courtes, ou bien y souder un bout de fusée.

La longueur du corps est vérifiée : si elle est trop courte, même de 2 millimètres l'essieu est rebuté à moins qu'il y ait assez de fer pour l'alonger. Les essieux de recette sont poinçonnés à l'extrémité du corps.

5°. Perçage des trous d'esse, Couper le bout des fusées.

Ces opérations sont exécutées par les ouvriers qui ont relevé les talons.

177. Le perçage des trous et le découpage des bouts des fusées se font à la forge de maréchal en deux chaudes.

Perçage des trous d'esse

On dresse d'abord à l'étampe à main fig. 132, l'emplacement

des trous d'esse si cela est nécessaire; on marque ensuite la position des trous à l'aide d'un ciseau à froid en plaçant sur l'essieu la règle
Figure 133. à crans fig. 133, qui présente le profil complet de l'essieu dans sa longueur et deux crans correspondant aux épaulements, ou une règle qui a pour longueur la distance du milieu des talons au trou
Figure 134. d'esse fig. 134; on met alors l'essieu au feu par le bout qu'on veut percer.

On chauffe au rouge blanchâtre ou au blanc de lune; une chaleur moindre n'amollirait pas assez le fer, et plus forte elle serait nuisible à ces parties qui sont assez délicates; on porte l'essieu sur une
Figure 135. enclume cannelée fig. 135, et percée d'un trou pour livrer passage au poinçon d'acier qui sert à faire le trou d'esse. La fusée rouge repose dans la cannelure; l'autre est passée dans un anneau suspendu par une chaîne à la partie supérieure de l'atelier, de sorte que l'essieu est soutenu horizontalement à hauteur de l'enclume; un ouvrier l'empêche de tourner, et veille à ce que le forgeur dirige bien son poinçon dans le plan vertical de l'axe de l'essieu.

Le forgeur place le poinçon au point marqué sur la fusée, et le tient perpendiculairement à l'axe de l'essieu, tout en se conformant aux indications du premier ouvrier, puis il fait frapper sur le poinçon par un deuxième ouvrier à petits coups précipités pour ne pas trop applatir la fusée. Il perce jusqu'à l'axe et refroidit le poinçon dans l'eau. On retourne l'essieu sens dessus dessous et on achève de percer la fusée à l'aide du poinçon en allant à la rencontre du premier trou.

Couper les bouts de fusées. 178. On donne une deuxième chaude rouge cerise, on met le trou d'esse aux dimensions exactes en y faisant passer deux mandrins d'acier; on coupe le bout de la fusée à la longueur convenable à l'aide d'une tranche et d'un marteau; on abat à la rape les bavures des trous d'esse, et on dresse la fusée avec une étampe à main et

un marteau, de manière que les génératrices soient en ligne droite, et que son axe soit dans le prolongement de celui du corps. On opère de même pour percer l'autre trou d'esse et couper l'autre bout de fusée.

6° Renvoi des fusées.

179. Dans les essieux actuels, l'axe de la fusée doit être légèrement incliné vers le bout par rapport à l'axe du corps; l'opération par laquelle on donne cette inclinaison se nomme le renvoi des fusées ou mise à la voie. Autrefois elle s'exécutait après le tournage; il s'en suivait que l'épaulement des fusées n'était pas perpendiculaire à leur axe, et la rondelle d'appui ne portait pas contre les quatre angles de la naissance des fusées. Aujourd'hui, pour que le plan des épaulements soit perpendiculaire à l'axe de la fusée on met à la voie avant de tourner les fusées.

Figure 136. 180. Pour cela on donne une chaude rouge cerise à chaque extrémité du corps, on fixe l'essieu dans une forme en fonte fig. 136, à l'aide de calles et de clavettes, on recouvre la fusée par une étampe sur laquelle on frappe pour forcer la fusée à s'incliner et à toucher le fond de la forme présentant elle-même l'inclinaison voulue. Il y a une forme pour les essieux N.° 1, une autre pour l'essieu N.° 2 et 3. Les essieux N.° 4 ne sont pas renvoyés.

4.ème Visite. 181. Après cette opération, les essieux, terminés de forge, sont soumis à une quatrième visite. Ils sont placés comme dans la première; On s'assure que les trous d'esse sont bien percés, que les soudures des mises ne se sont pas ouvertes, et que les fusées ont été bien

Figure 137 renvoyées, dernière condition que l'on vérifie à l'aide d'une règle figure 137. Un essieu défectueux est remis à l'ouvrier qui a arrondi les fusées. Il y soude du fer si elles sont fondues, ou trop faibles au trou d'esse; les alonge ou les refoule un peu si ces trous ne sont pas

à la distance voulue.

Les essieux de recette sont poinçonnés sur le corps près de l'épaulement des fusées

7.º Percer les trous du corps.

182. Le corps des essieux N.º 3 est percé de deux trous pour livrer passage aux boulons d'assemblage du crochet cheville-ouvrière; l'essieu se trouvant ainsi un peu affaibli dans cette partie, il a fallu, pour le renforcer, remplacer le talon unique des autres numéros d'essieu par deux talons situés au-dessus de ces trous.

183. L'axe des trous doit être perpendiculaire aux faces verticales de l'essieu. La meilleure manière de fixer la position de leur centre est de marquer par un coup de pointeau sur la face supérieure de l'essieu le milieu de l'intervalle entre les deux trous d'esse, puis de mener par ce point et à l'équerre une perpendiculaire aux faces verticales et par les extrémités de cette ligne, sur chaque face verticale, une nouvelle perpendiculaire aux arêtes; tracer ensuite à l'aide d'un trusquin et sur chaque face verticale, à 0.m 050 du dessous de l'essieu, une ligne qui lui soit parallèle et prendre enfin de part et d'autre du milieu de l'essieu, sur cette parallèle, une longueur de 0.m 050 qui est la demi-distance des centres des trous à percer.

De cette façon on sera certain que le centre d'un trou sur une des faces correspondra bien au centre de son orifice sur l'autre face, et pour bien percer les trous il suffira de placer l'axe du trou ainsi déterminé exactement sur le prolongement de l'axe du foret.

Figure 138. Les trous se percent au moyen d'une forerie verticale fig. 138, dans laquelle le foret a est mu par des cordes passant sur des poulies et recevant elles-mêmes leur mouvement d'une roue hydraulique ou d'une

machine à vapeur située à portée.

184. L'ouvrier place l'essieu bien horizontalement sur la table de forerie, au moyen d'une équerre et d'un fil-à-plomb, de manière que le centre de l'un des trous à percer soit sous le foret convenablement ajusté. On perce ce premier trou jusqu'au milieu de l'épaisseur de l'essieu, et de même pour le deuxième trou; on retourne alors l'essieu sens dessus dessous et on perce de nouveaux trous pour aller à la rencontre des premiers, de cette manière on évite mieux la déviation du foret; on enlève les bavures avec un alésoir. Un contrôleur s'assure de l'exactitude de ce travail.

Figures 139 et 140. En 1840 on a employé à Hayange un gabarit à conducteurs fig. 139 et 140, qui se fixe sur l'essieu à l'aide de clavettes. C'est un moyen exact et expéditif de déterminer l'emplacement des trous.

8°. Recuit des Essieux.

185. Le travail de la forge et de l'étampage ayant écroui et aigri le fer, il est avantageux de donner aux essieux un recuit qui rend le fer plus doux, les fusées plus faciles à tourner et les essieux eux-mêmes plus capables de résister aux épreuves et dans le service. Ce recuit n'est pourtant pas indispensable.

Figures 141, 142, 143 et 144. 186. Il se donne en plaçant les essieux dans un four figures 141, 142, 143 et 144, qui consiste dans une espèce de chambre carrée construite sur le sol en briques réfractaires et dont les parois, ayant 20 à 22 centimètres d'épaisseur, sont consolidées par une armature en fer. Une voûte cylindrique également en brique repose sur deux grandes faces du four et le ferme par le haut; elle est percée de neuf ouvraux livrant passage à la flamme mais que l'on bouche successivement pour activer le feu et régler le tirage à volonté.

Le foyer, muni d'une grille et d'un cendrier, est établi dans le sol au milieu du four; la porte est sur l'un des grands côtés du four.

Celui-ci est ouvert sur l'un des petits côtés pour qu'on puisse y introduire les essieux qui sont placés parallèlement à la longueur du four. Deux supports ou marâtres en fonte reposent par leurs extrémités sur quatre dez placés dans les angles du four. On fait une première couche d'essieu sur ces deux supports en les espaçant de 0,m02. Par dessus on place deux nouveaux supports puis une nouvelle couche d'essieux. On peut ainsi placer 60 à 72 essieux dans le four, sur six couches dans la hauteur.

On ferme le four par un mur en briques; on chauffe avec du bois blanc, et quand les essieux sont parvenus au rouge blanc ou blanc de lune, après 4 ou 5 heures de feu, on cesse de chauffer, on bouche toutes les ouvertures avec de l'argile, on laisse refroidir et on démolit le mur pour retirer les essieux.

187. Dans le cas où on a qu'un petit nombre d'essieux à recuire on peut se servir d'un four à Puddler dans lequel on les introduit au moment où on cesse le travail de l'affinage; la chaleur que le four conserve est suffisante pour les recuire sans addition de combustible. On les retire quand on doit reprendre le travail; ce procédé est économique.

On peut aussi dans ce cas recuire les essieux en plein air, en les posant sur un petit bucher, et les recouvrant de menu bois à mesure que la combustion marche, jusqu'à ce qu'ils soient au rouge cerise; on les laisse refroidir en les couvrant de fraisil.

9° Tournage des fusées.

Figures 145, 146 et 147. 188. Les essieux recuits sont livrés au tourneur pour terminer les fusées; mais, dans un essieu mis à la voie, les axes des fusées ne sont pas dans le prolongement l'un de l'autre et ne peuvent coïncider en même temps avec l'axe sur lequel on monterait l'essieu par ses bouts. Il faut donc tourner les fusées l'une après l'autre en disposant à chaque fois l'essieu de manière que l'axe de la fusée qu'on veut tourner soit dans l'axe du tour. Pour cela on emploie un faux-essieu **A** fig. 145, portion de corps d'essieu munie d'une fusée, que l'on fixe sur le côté de l'essieu **B** fig. 46, par des brides et des coins **C**, au bout opposé à la fusée qu'il s'agit de tourner. Le prolongement de l'axe **a b** de cette fusée passe alors entre l'autre fusée de l'essieu et le faux-essieu, et en adaptant à ce bout un mandrin universel ou excentrique **D**, on obtient sur l'axe de la fusée qu'on veut tourner un deuxième point d'appui pour soutenir l'essieu sur le tour, de façon que cet axe coïncide avec celui du tour.

Le mandrin **D**, fig. 146 et 147, est un disque en métal **c** muni d'une boîte **d** où pénètre le bout de l'essieu; 4 vis de pression **e** l'y maintiennent de façon que l'axe **a b** prolongé passe par le centre du mandrin; le bout du faux-essieu introduit dans un trou **f** y est fixé par un écrou **g**. L'un des trous **h** reçoit une tige **i** qui est adaptée au plateau **E** monté sur l'arbre du tour, et qui entraîne le mandrin dans le mouvement de rotation de cet arbre. Le mouvement s'obtient à l'aide d'une roue motrice qui le transmet à l'aide d'une corde à la poulie **F** montée sur l'arbre du tour.

189. On marque par un coup de poinçon, sur le bout de la fusée à tourner, le point par lequel elle sera soutenue par la vis à pointe du tour. On monte l'essieu sur le tour, on donne le mouvement à l'arbre, et on s'assure avec un morceau de craie ou avec un outil que la fusée qu'on veut tourner, tourne bien rond, en tenant près de son petit bout le morceau de craie qui doit

touchée également sur tout son pourtour; puis en faisant la même opération à la naissance ou collet de la fusée, les points de tangence des quatre faces du corps avec le gros bout de la fusée devant être sur une même circonférence; cela indique que l'axe de la fusée est lui-même dans l'axe de rotation du tour; les quatre vis e du mandrin servent à obtenir la coïncidence de ces axes.

190. Le tournage s'effectue soit au crochet et à la main, en appuyant l'outil sur un support de tour, soit au moyen d'un couteau placé sur un chariot porte-outil mu à l'aide d'une vis et d'une manivelle, ce qui est préférable (*); on polit ensuite la fusée à la plane et on fait disparaître les ondes.

La première fusée étant achevée, et ses épaulements dressés perpendiculairement à son axe, on démonte tout le système, pour opérer de même sur la deuxième fusée.

191. Pendant le tournage, l'ouvrier applique souvent la règle échancrée fig. 133, sur l'essieu pour s'assurer que les épaulements sont placés exactement; il vérifie fréquemment les diamètres des fusées et pour cette opération il doit préférer l'emploi des lunettes à celui des calibres échancrés, parce qu'on est plus sûr de les diriger bien perpendiculairement à l'axe de la fusée: mais il faut que ces lunettes soient enfilées d'avance sur la pointe du tour, sans quoi il faudrait ne calibrer les fusées qu'à la fin de l'opération, ou démonter l'essieu à chaque fois qu'on voudrait mesurer le diamètre avec ces lunettes, ce qui serait incommode et même inexact en ce que l'essieu pourrait se décentrer.

Remarquons d'ailleurs que comme les trous d'esse sont percés, il faut, avant de tourner la fusée, y chasser avec force une cheville

---

(*) Voyez ce mécanisme à l'article Tournage dans la fabrication des bouches à feu.

en bois dur, afin d'éviter les accrocs que l'outil éprouverait quand ces trous se présenteront à lui.

5ème Visite. 192. On visite les essieux après le tournage pour s'assurer à l'aide de gabarits et de mandrins que les trous du corps ont été percés correctement; on constate également, au moyen de règles à crans et de calibres, que les fusées ont la longueur voulue de l'épaulement au trou d'esse, et de celui-ci au bout arrondi, que les diamètres sont exactes, que les surfaces n'ont ni taches de feu ni coups de crochets, enfin que les épaulements sont bien dressés. On passe la main à nu sur les fusées pour voir s'il n'y a pas de défaut de soudure.

193. Cette visite étant terminée, on coupe le bouton qui a été laissé au bout des fusées, pour remonter l'essieu sur le tour si cela était nécessaire, et on abat à la lime les arêtes inférieures du corps.

194. Les essieux finis ne sont définitivement admis qu'après avoir subi des épreuves et une dernière vérification qui constituent ce qu'on nomme la réception des essieux.

10° Réception des Essieux.

195. La réception des essieux se fait par les contrôleurs et employés de l'artillerie sous la surveillance du sous-inspecteur adjoint de l'arrondissement des forges dans lesquelles ils ont été fabriqués. Elle consiste à les soumettre à des vérifications et à des épreuves prescrites par les réglements et qui s'exécutent dans les arsenaux ou au chef-lieu de l'arrondissement des forges.

Vérification des dimensions. 196. On place les essieux sur des tréteaux; on examine s'il y a des défauts dans le fer; on marque à la craie les criques qui s'y trouvent pour voir si les épreuves ne les feront pas ouvrir. Quelques coups de marteau sur les talons suffisent pour voir ceux qui sont défectueux. On vérifie alors toutes les dimensions et la position de toutes

les parties à l'aide d'instruments vérificateurs.

Epreuve du Mouton. 197. On procède alors à l'épreuve du mouton.

Figures 148 et 149. Le mouton est un parallélipipède en bronze ou en fonte du poids de 300 Kilog. garni à sa base d'une frappe ou plaque de bronze; il est contenu entre deux montants en bois le long desquels il peut monter et descendre. Un cordage attaché à la partie supérieure du mouton passe sur une poulie placée dans le haut des montants et s'enroule sur un treuil situé derrière eux et auquel on manoeuvre pour élever le mouton. Sous ce mouton, au pied des montants, est une enclume, ou table en fonte munie de deux bords ou protubérances situées à droite et à gauche des montants, et sur lesquels on place l'essieu qui y repose par les extrémités du corps, les talons tournés en dessous.

Figures 150 et 151. Sur le milieu de cette table fig. 150 et 151, on place une cale entre les talons de l'essieu N°. 3, ou une cale de part et d'autre du talon des essieux N°. 1, 2 et 4. Ces cales doivent laisser, entre leur face supérieure et le dessous de l'essieu, un espace de 0^{m},0065 qui détermine la flèche de l'inflexion que l'essieu peut prendre par le choc du mouton.

On élève alors le mouton jusqu'à ce que sa base soit à 1^{m},60 au dessus de l'essieu pour les N°. 1, 2 et 4 et seulement de 1^{m},00 pour le N°. 3, et on le fait tomber en retirant le crochet qui le soutient, et qui peut prendre de lui-même un mouvement de bascule quand, arrivé au haut de sa course, il rencontre un arrêtoir fixé aux montants. On relève le mouton et on l'accroche.

Epreuves de l'Escarpolette. 198. L'épreuve de l'escarpolette fig. 152 et 153, consiste à placer

Figures 152 et 153. l'essieu horizontalement sur deux bras de fer, mobiles le long des montants de l'escarpolette, l'essieu dépassant également à droite et à gauche des montants; puis à l'élever dans cette position à une hauteur de 2^{m},11, à tirer en arrière les deux bras, et à laisser ainsi tomber

l'essieu par ses deux fusées sur deux demi-cylindres en fonte blanche fixés sur la plate-forme de l'escarpolette. Par cette épreuve les deux fusées sont éprouvées comme le corps de l'essieu l'a été par le choc du mouton.

Dernière visite.

199. On replace sur les tréteaux les essieux éprouvés et on leur fait subir une dernière visite. C'est surtout aux talons, aux épaulements et aux trous d'esse que se montrent les cassures. On porte principalement l'attention sur ces parties et sur les marques faites précédemment à la craie.

Les ouvertures en long indiquent seulement une imperfection dans la soudure et ne sont un motif de rejet que quand elles sont considérables.

Les fentes en travers sont plus dangereuses: si elles montrent la couleur du fer nouvellement entammé, on rebute l'essieu quelques petites qu'elles soient. Si elles ne le montrent pas, on peut chauffer l'essieu au rouge brun, le battre du côté qui convient pour faire ouvrir les fentes, et quelque peu qu'elles s'élargissent on doit rebuter l'essieu. Mais si elles restent dans le même état, on peut le recevoir parce qu'il est probable que cette petite fente provient d'une paille de fer.

Les essieux reçus sont poinçonnés et pesés. On dresse le procès-verbal de réception.

Moyen de réparer un essieu.

200. Par suite de la soudabilité du fer, il est possible de réparer un essieu rompu, ou un essieu auquel il faut souder une fusée. On peut aussi faire un essieu avec deux autres qui seraient hors de service, par exemple avec deux parties pareilles présentant chacune une fusée et une portion du corps de façon que, par leur réunion, le corps ait la longueur voulue. Pour cela, on taille en biseau les bouts que l'on doit rapprocher, on les chauffe au blanc soudant, on les superpose et

on les soude en ayant soin de ne pas donner trop de longueur au corps parce qu'on ne pourrait le raccourcir en frappant sur les fusées sans altérer celles-ci. On tient plutôt le corps un peu plus court qu'il ne doit être en réservant un petit excès de fer sur l'équarrissage à hauteur de la soudure, afin de pouvoir étirer le corps s'il le faut, tout en lui conservant la grosseur; on termine en enlevant l'excès de métal à la tranche à chaud et à la lime.

Nota. Dans quelque pays on suit un procédé analogue pour faire les essieux de deux pièces pareilles. C'est ainsi qu'en Belgique on fabrique les essieux de l'artillerie. En France on ne suit pas ce procédé parce que l'on doit craindre que la soudure ne soit pas bien faite.

Les gros essieux trop difficiles à manier dans le travail de la forge, et même la plupart des essieux du commerce très-maniables se font aussi de deux pièces parce que cela offre une grande facilité dans le travail, surtout quand on doit réserver à la forge sur le corps d'essieu des Patins ou Plaques pour fixer l'essieu sous les brancards de la voiture à l'aide de brides, de boulons et d'écrous. Les deux fusées sont forgées individuellement; le travail de la forge est plus prompt, et le tournage des fusées plus facile.

Pour alléger les voitures des particuliers, diminuer le rayon des fusées et par suite le frottement des boîtes de roue, on emploie aujourd'hui des essieux très-minces qui semblent trop faibles; mais la charge que ces essieux ont à supporter se reporte principalement sous les brancards près des fusées; les autres pièces transversales du train de la voiture se relient à l'essieu et contribuent à lui donner de la rigidité. Il faut pourtant que le métal soit dur et tenace, aussi pour ces essieux on recherche les fers aciéreux.

Dans le commerce, on trempe en paquet les fusées d'essieux, et surtout celles des essieux minces, pour durcir leur surface sans

détruire la ténacité propre au fer. C'est une opération délicate; il faut de l'habitude pour la bien exécuter et ne pas rendre les fusées cassantes, par une cémentation trop profonde.

Les essieux de l'artillerie sont assez bon pour qu'on se dispense de cette cémentation.

Chapitre 4.

Fabrication des Ancres.

Figure 154.

201. L'aide mémoire à l'usage des Officiers d'Artillerie fait connaître la nomenclature, les formes et les dimensions des ancres employées par l'artillerie figure 154; les motifs de leurs formes sont exposés dans le cours d'artillerie de l'Ecole d'Application. Ces ancres sont aujourd'hui à jas mobile et entièrement en fer; elles pèsent 65 Kilog. celles dont le génie se sert ne pèsent que 40 Kilogrammes.

Les détails qui suivent sont en partie extraits du Cours sur le service des Officiers d'artillerie dans les forges.

qualité des fers pour Ancres.

202. Tout ce qu'on a dit des fers et des combustibles propres à la fabrication des essieux s'applique à celle des ancres; on y emploie que des fers forts et durs de la meilleur qualité, parce que si les ancres ne sont pas soumises à des chocs violents, elles doivent résister dans le service à de fortes tensions, ce qui exige qu'elles soient raides et tenaces.

203. Les ancres ne sont pas composées de mises comme les essieux, mais étirées immédiatement de la loupe; si le fer n'est pas de très-bonne qualité il faut le corroyer à plusieurs reprises. Elles se fabriquent comme les essieux dans les usines des

maîtres de forge, mais elles ne sont achevées que dans les arsenaux (223).

Ainsi on peut distinguer dans la fabrication le travail exécuté dans les forges et celui fait dans les arsenaux.

204. La fabrication des ancres exécutées entièrement à chaud, en ce qui concerne le travail dans les forges, se divise en trois parties: le travail au gros marteau, le travail au martinet et le travail à bras.

Travail au gros marteau – Ébauchage &c.

205. Le travail au gros marteau comprend l'ébauchage des verges, des jas et des croisées; il exige un forgeron, un chauffeur et un manœuvre. On chauffe double, c'est-à-dire qu'il y a toujours deux pièces en main, l'une au feu et l'autre sous le marteau.

La loupe de 80 kilog. environ, obtenue dans le feu d'affinerie, est amenée à l'état de pièce au moyen d'un gros marteau semblable à celui qui sert à ébaucher les essieux, et de chaudes données dans le même feu, ou dans un feu de chaufferie; on la coupe par le milieu en deux maquettes; chaque maquette peut fournir indistinctement une verge, une croisée ou un jas.

Le forgeron saisit alors une maquette avec des tenailles, la met au feu de chaufferie, et quand elle est au blanc soudant, il la porte sous le gros marteau, et l'étire en lui donnant la forme qui convient à la partie de l'ancre qu'il veut faire. Une deuxième chaude suffit presque toujours pour ébaucher une de ces trois parties et couper le fer excédant.

Figure 155. La figure 155 représente sous les lettres a, b, c, la croisée, le jas et la verge ébauchées.

Travail au Martinet.

206. Le travail au martinet consiste à mettre les bras et la verge à leurs dimensions et à abattre leurs chanfreins au martinet ordinaire du poids de 100 kilog. battant environ 140 coups par minute; puis à arrondir le jas au martinet cannelé pareil à celui employé pour arrondir les fusées d'essieu, mais plus petit; il pèse environ 70 kilog. et bat 300 à 320 coups par minute; il est muni de son enclume cannelée; Enfin à platiner les pattes et leurs côtés au martinet à platiner de même poids et de même vitesse que le premier. Il exige un martineur, un chauffeur et un manœuvre.

Pour tout le travail au martinet les pièces sont chauffées dans une grande forge de maréchal. On commence par une pièce ou par l'autre, mais il est avantageux de terminer de suite toutes les pièces de la même espèce; on chauffe double.

1° Confection de la verge. 207. La verge ébauchée est une barre carrée, portant à l'un de ses bouts une mattelotte pour la culasse. Elle est mise à ses dimensions et chanfreinée en deux chaudes rouge-blanc sous le martinet ordinaire. On lui présente souvent les calibres et profils pour vérifier ses dimensions; il vaut mieux tenir le corps au minimum de longueur et au maximum d'équarrissage, cela permet de l'alonger quand la verge est soudée à la croisée.

2°. Confection du Jas. 208. Le jas ébauché présente deux troncs de pyramide quadrangulaire prolongeant de part et d'autre un parallélipipède, qui servira à faire l'épaulement; on l'arrondit alors entre le martinet et l'enclume cannelée. Il faut trois chaudes blanc-soudant pour amener chaque demi-jas à la grosseur voulue figure 156. Mais près de l'épaulement et sur une longueur de cinq centimètres de chaque côté, on tient le fer un peu plus fort que les

Figure 156.

dimensions exactes, attendu que cette partie se termine dans les arsenaux.

3.° Confection de la Croisée. 209. La croisée ébauchée offre la forme d'une grosse barre terminée à chaque bout par une partie plus forte. Chaque moitié de la croisée reçoit trois chaudes: dans la première rouge blanc, le martineur étire les bras sous le martinet ordinaire, et abat les chanfreins; On donne au bras les dimensions maxima près de la patte, et deux millimètres de plus dans le milieu de la croisée parce que cette partie s'affaiblira quand on soudera la verge. Un manœuvre présente les calibres.

Dans la deuxième chaude au blanc soudant, on forge la patte pour lui donner l'épaisseur qu'elle doit avoir à la côte, et on coupe le fer en excès. Si la patte est mal dirigée, on la redresse, pour qu'elle soit plus tard dans le plan des axes de la verge et de la croisée: pour cela on serre le bras entre l'enclume et le martinet de façon que l'oreille ressorte en-dessous contre le côté de l'enclume, et on donne quelques coups de marteau à devant.

A la troisième chaude au rouge blanc, le martineur pose la patte de l'ancre sur l'enclume du martinet à platiner, la face extérieure en-dessus et fait frapper, d'abord lentement, pour former la côte ou la pincer et pour amincir les bords.

Travail à bras.

210. Ce travail consiste à terminer la forge de la croisée, à souder la croisée et la verge, à courber la croisée, et à percer le trou pour le jas.

Il faut un forgeur et trois aides ou frappeurs.

Finissage des croisées 211. Chaque moitié de croisée est terminée à la forge de maréchal en trois chaudes, la première rouge blanc, les deux autres rouge cerise.

A la première chaude on perfectionne la côte au moyen de

l'étampe. Le forgeur pose la patte de l'ancre sur l'étampe, la côte en dessous, et les deux aides frappent avec des marteaux à devant sur le plat jusqu'à ce qu'il soit bien dressé et la côte étampée. Si la côte n'est pas bien placée on la renvoie avec une chasse ronde. On fait disparaître au marteau à tête ronde les irrégularités que l'étampe a pu laisser.

On place sur les bras et sur la patte, et à partir du milieu de la croisée un patron en tôle qui indique sa forme, et on trace à coups de tranche le contour de la patte.

A la deuxième chaude, on enlève à la tranche et à la gouge le fer en excès aux oreilles; on raccorde les oreilles avec les bras par quelques coups de chasse et de marteau à tête ronde.

Enfin à la troisième, on découpe la patte avec la tranche ou avec de fortes cisailles et on la pare avec le marteau à main.

Il résulte de ce qui précède que chaque demi-croisée reçoit six chaudes. Mais il faut une dernière chaude pour dresser les bras et dégauchir les pattes.

Un atelier ne peut guère faire que quatre croisées par jour.

Préparation de la soudure. 212. Les amorces pour la soudure de la verge sur la croisée, la soudure elle-même et le perçage du trou du jas se font au feu de chaufferie.

Figure 157. Pour préparer l'amorce sur la croisée, on chauffe au blanc le milieu de la croisée, on la porte sur l'enclume, et on la frappe pour l'élargir et y produire d'épaisses bavures sur les côtés. On abat ensuite à coups de tranche les arêtes de la partie saillante qui est en dehors de l'encolure figure 157.

Dès que la croisée est sortie du feu, on y met une verge par le bout opposé à la culasse, et, quand ce bout est chauffé, le forgeur y coupe du fer ou l'alonge suivant le besoin; puis à l'aide d'une tranche,

Figure 158. Il enlève à cette extrémité un morceau de fer en coin très obtus, fig. 158; il redresse les biseaux que cette opération a produits, il arrondit légèrement l'amorce et forme deux ailerons destinés à se réunir aux aisselles ébauchées sur la croisée figure 157.

Soudure de la croisée

213. La verge et la croisée étant ainsi préparées, on les soude, opération délicate qui exige beaucoup de soins. Le forgeur nettoie le foyer, y place la croisée parallèlement à la varme, l'amorce en dessous et un peu au dessus de la tuyère, met la verge près de la croisée dans une direction perpendiculaire, son amorce face à la varme.

On chauffe également ces deux pièces, ce qui oblige à refroidir plusieurs fois les ailerons dans l'eau pour que ces parties minces ne se brûlent pas avant que le milieu de l'amorce soit bien chaud. On préserve le fer du contact de l'air par des battitures et des charbons incandescents

Figure 159. Les deux pièces parvenues au blanc soudant, on porte la croisée sur un cube ou bloc de fonte destiné à cet usage, fig. 159; l'amorce en dessus; on place la verge verticalement sur la croisée, après avoir fait tomber les crasses et les scories avec un balai ou avec le marteau, et on frappe à coups précipités sur la culatte et sur les aisselles pour souder les deux pièces. La soudure faite on reporte aussitôt l'ancre sur l'enclume ordinaire pour rabattre les bavures latérales.

On donne ensuite une chaude suante de chaque côté pour achever la soudure, ôter à la gouge le fer en excès aux aisselles et parer ces parties.

Mettre les bras et les pattes à leurs dimensions.

214. Lorsque la soudure est terminée, le forgeur, guidé par le patron qui a pour longueur le développement de la demi-croisée, met les bras et les pattes à leurs dimensions exactes, en alongeant les bras, ou en ôtant du fer aux oreilles ou au bras pour que tout soit bien symétrique par rapport à l'axe de la verge; puis il dresse la croisée. Deux chaudes rouges cerises suffisent ordinairement.

Courber la croisée

215. Pour courber la croisée, on fait chauffer les ancres dans un four à

réverbère alimenté à la houille; on y met ordinairement six ancres à la fois. On les y remplace successivement. Dès qu'une croisée est arrivée au rouge blanc, on place l'ancre dans la rainure d'une forme fig. 160, où elle est fixée par une bride et des clavettes. Le forgeur monte sur la forme, et pour empêcher les coups de marteau de faire des empreintes, il applique une barre de fer plat sur les parties de la croisée où il veut faire frapper par ses aides. Une chaude suffit rarement; il en faut presque toujours une deuxième rouge cerise pour dégauchir le tout, et abattre les chanfreins extérieurs de l'encolure.

Figure 160.

A défaut de four à réverbère, on chauffe les ancres avec du bois dans une enceinte en briques ou en plaques de fonte; un feu de chaufferie ne peut procurer des chaudes assez étendues.

Percer le trou qui reçoit le Jas.

216. Les croisées étant courbées, on reporte les ancres au feu de chaufferie pour percer le trou qui doit recevoir le jas. Le forgeur, à l'aide d'une règle à crochet placée sur la verge, marque sur la culasse le centre de ce trou, en le tenant un peu vers la croisée afin de ne pas être obligé de refouler le métal pour raccourcir la verge.

Le forgeur perce le trou avec un poinçon et un marteau, en une chaude rouge blanc; il y passe un premier mandrin d'acier. Au moyen de deux autres chaudes il amène le trou au diamètre voulu en y passant un deuxième et un troisième mandrin. Il ébauche les dégorgements, dégrossit la culasse, l'arrondit autour du trou, enlève le fer en excès avec une langue de carpe, et dresse les bords du trou. Dans une quatrième et dernière chaude il alonge un peu la verge, si cela est nécessaire, passe les mandrins cylindriques dans les trous, adoucit les chanfreins et pare toutes les parties de la culasse.

217. Les ancres sont livrées aux arsenaux dans l'état où les a amenées la fabrication qu'on vient de décrire: la fonte du trou de culasse n'est pas faite; le jas est tout droit, il porte en son milieu une mattelotte pour former l'épaulement. Leur poids moyen y compris celui du jas est alors de 66 kilogrammes.

Visites, Épreuve, finissage et réception des ancres dans les arsenaux.

218. La réception des ancres se fait dans les arsenaux en présence du sous-inspecteur des forges et du fabricant ou de son fondé de pouvoir, par une commission d'officiers d'artillerie désignés par le directeur de l'artill.ie

Mais, pour éviter des frais de transport inutiles, les officiers employés dans les forges font une visite préalable dans les usines.

Visite dans les usines. 219. On examine s'il y a des criques sur la verge et sur les bras; on place en porte-à-faux les parties sur lesquelles il s'en manifeste, et on y fait donner quelques coups de marteau à main; si les criques s'ouvrent, l'ancre est rebutée.

La soudure a dû être examinée, pendant qu'on a courbé la croisée, par l'officier chargé de surveiller la fabrication, parce qu'à chaud tous les défauts de soudure sont faciles à voir. Enfin, on vérifie les dimensions principales avec une règle et un pied à coulisse, on rebute les ancres qui ne sont pas sous ce rapport dans les tolérances.

Visite à l'arsenal. 220. Les ancres et les jas sont visités de nouveau avec soin dans les arsenaux; on marque à la craie les endroits où l'on voit des défauts pour être examinés après l'épreuve.

Épreuve de l'ancre. 221. Le mode d'épreuve est fixé par une instruction ministérielle de 1825.

On fixe un cabestan sur le sol au moyen de quatre piquets et à 6m,50 en avant de ce cabestan on plante un gros piquet où on arrête l'ancre par un des becs. On passe dans la culasse un billot de fer de 30 à 35 centimètres de longueur et d'un diamètre égal à celui du trou, puis on y attache une poulie à l'aide d'un cordage.

On fixe un dynamomètre de Regnier, à l'épars de devant du cabestan, par l'un de ses anneaux; on équipe le cabestan avec un cordage d'ancre, qu'on fait passer sur la poulie et que l'on rattache à l'autre anneau du dynamomètre.

On manœuvre au cabestan jusqu'à ce que le dynamomètre mar-

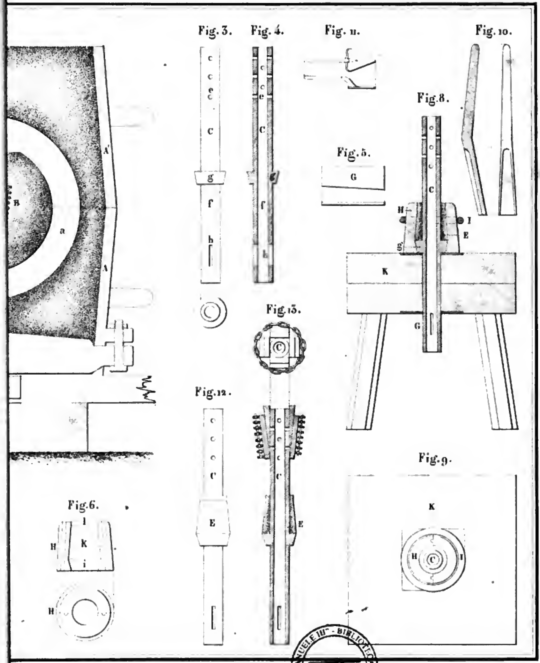
que 1000 Kilogrammes, ce qui indique que l'ancre est soumise à une tension de 2000 Kilogrammes. On laisse alors filer la retraite, on retourne l'ancre pour la fixer par son autre bec au piquet et lui faire subir la même épreuve jusqu'à ce que la verge, qui s'est infléchie, se soit redressée.

Pour le jas. 222. On plante en avant du cabestan deux piquets de 8 a 9 centimètres de diamètre et distants de 1ᵐ,30 d'axe en axe; on arrête le jas aux piquets et on fixe en son milieu la poulie sur laquelle on fait passer le cordage d'ancre attaché comme précédemment au dynamomètre: on manœuvre au cabestan jusqu'à ce que le dynamomètre marque 500 Kilog. ce qui indique une force de 1000 Kilog. supporté par le jas.

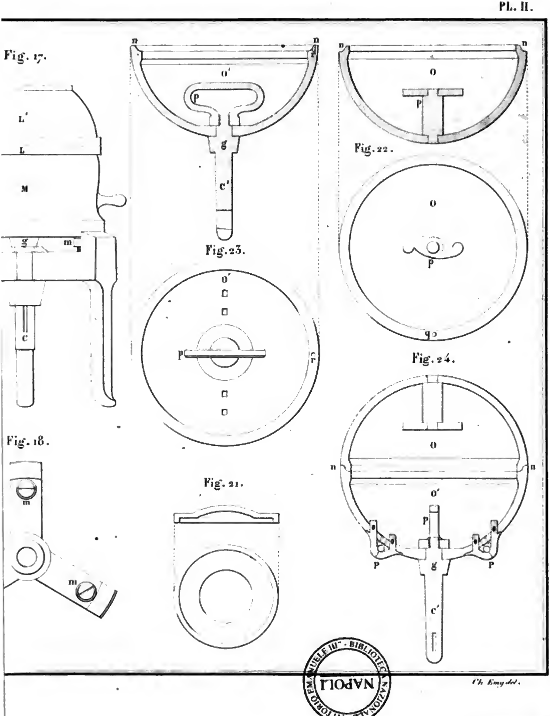
Après les épreuves on examine de nouveau les ancres et les jas, particulièrement aux criques marqués à la craie. Ces objets sont rebutés si le vif du fer se montre dans les moindres gerçures. Mais ils sont reçus s'il ont bien résisté aux épreuves et s'ils n'offrent aucun défaut de fabrication.

Travail dans les arsenaux. 223. Les ancres reçues sont terminées dans les arsenaux: on fait l'anneau à tige, l'organeau, la fente du trou de culasse, l'épaulement, l'arêtoir, la rondelle du jas, sa courbure et sa rivure, et les divers ajustages. Ce ne sont, il est vrai, que des travaux de simple serrurerie, mais ils peuvent donner lieu à quelques défauts et on doit soumettre les ancres à une dernière visite.

Fin de la quatrième Section.



Ch. Emy del.


Fig. 17.
L'
L
M
g
m
c
Fig. 18.
m
m
n
n
o'
r
p
g
c'
Fig. 23.
o'
p
r
n
n
o
p
Fig. 22.
o
p
Fig. 24.
o
n
n
o'
p
p
p
g
c'
Fig. 21.

Ch. Emy del.

Fig. 33.

Fig. 31.

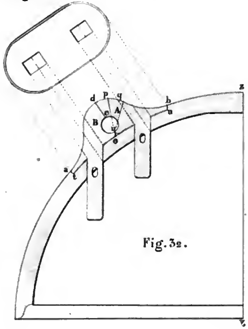


Fig. 32.

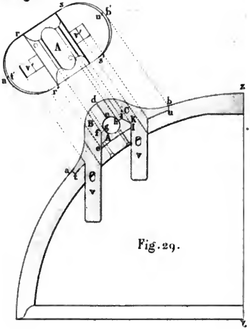


Fig. 29.

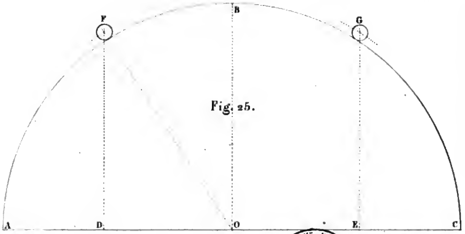


Fig. 25.

Ch. Emy del.

Fig. 41.

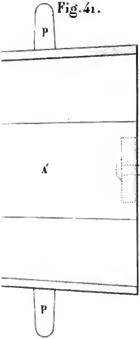


Fig. 39.

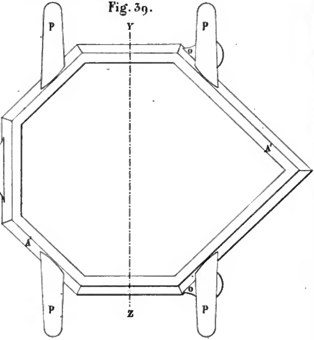


Fig. 42.

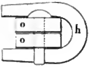


Fig. 43.

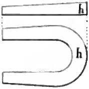
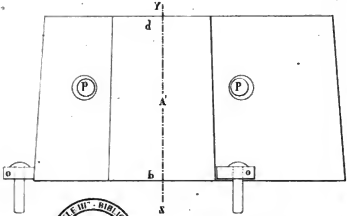


Fig. 40.



Ch. Emy del.

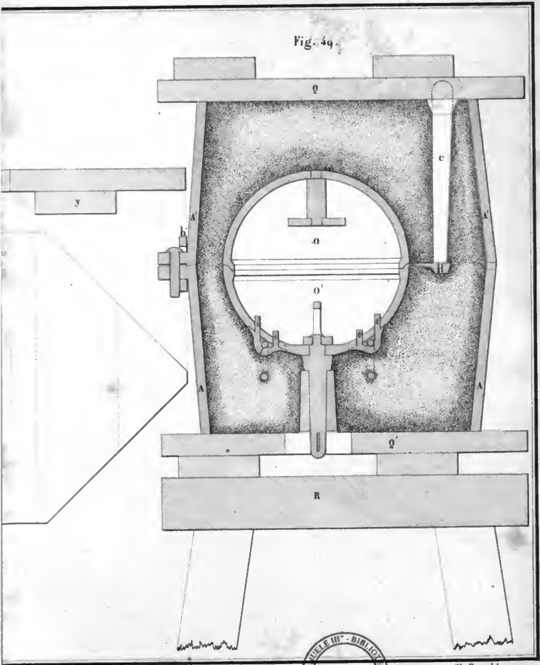

Fig. 49.
Q
c
y
A'
A'
b'
O
O'
A
A
Q'
R
Ch. Emy del

Fig. 59.



Fig. 62.

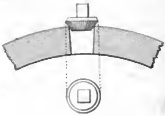


Fig. 52.

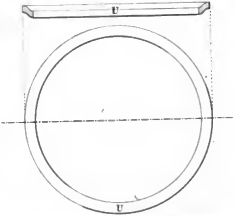


Fig. 58.



Fig. 57.

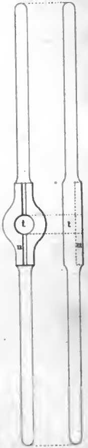
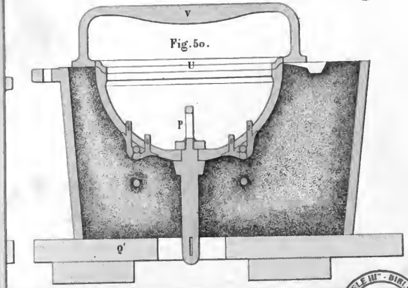


Fig. 56.



Fig. 50.



Ch. Emy del.

Fig. 77.

Fig. 72.

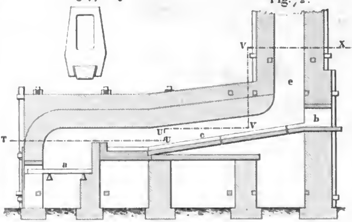


Fig. 73.

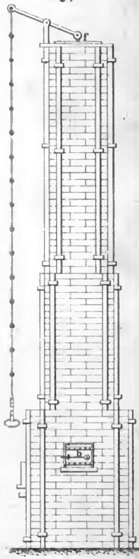


Fig. 71.

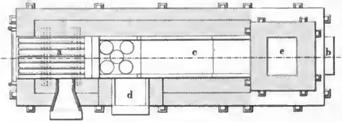
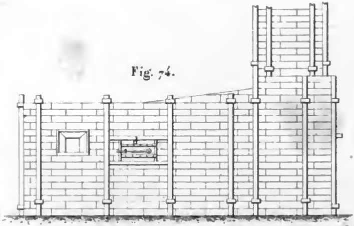
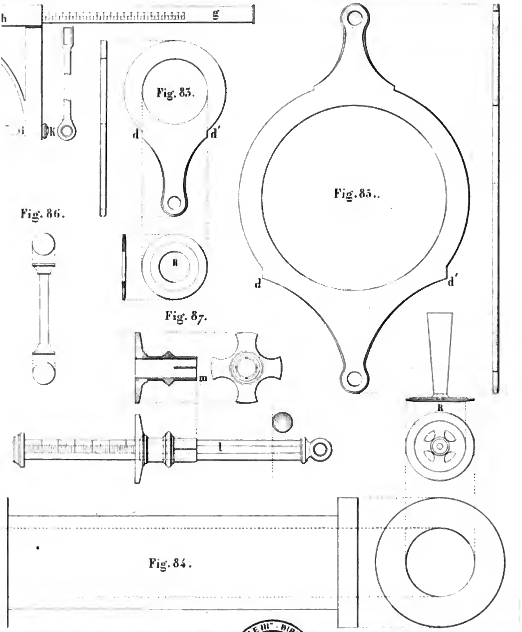


Fig. 74.



Ch. Emy del.



Ch. Emy del.

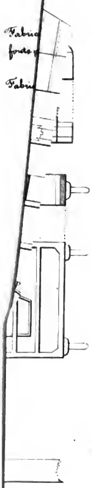


Fig. 104.

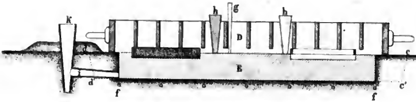


Fig. 103.

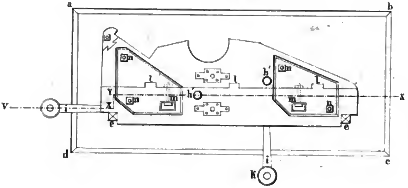


Fig. 105.

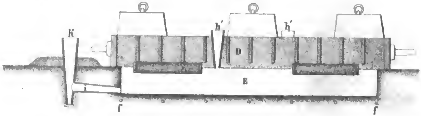


Fig. 95.



Fig. 96.



Ch. Kemy del.

Fig. 110.

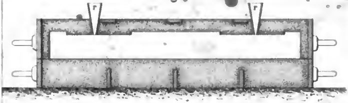
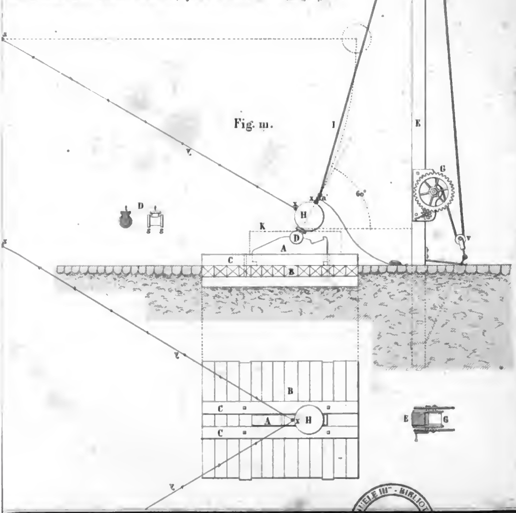


Fig. 111.



Ch. Roy del.

PL. XI.

Fig. 130.



Fig. 131

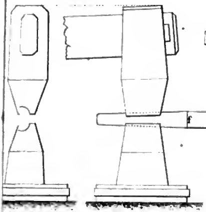


Fig. 129.

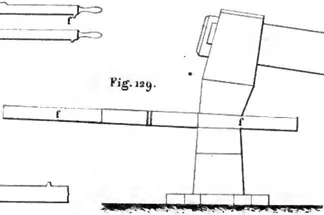


Fig. 128.

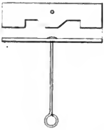


Fig. 127.

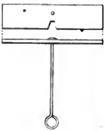


Fig. 132.



Fig. 126.

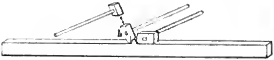


Fig. 122.

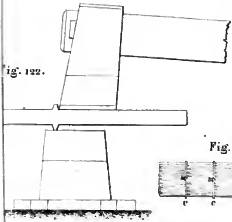


Fig. 124.

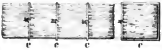


Fig. 125.



Ch. Roug del.





Fig. 136.

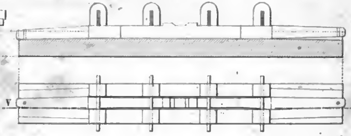


Fig. 135.

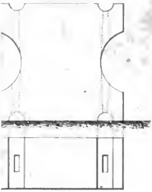




Fig. 139.

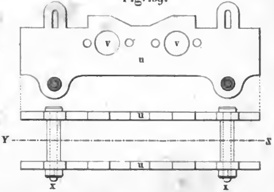


Fig. 134.



Fig. 140.

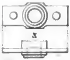
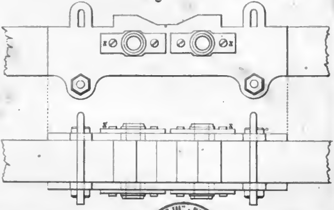
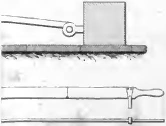


Fig. 141.





Ch. Fay del.

Fig. 143.

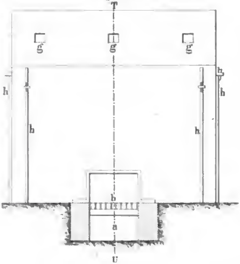
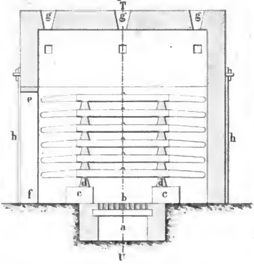
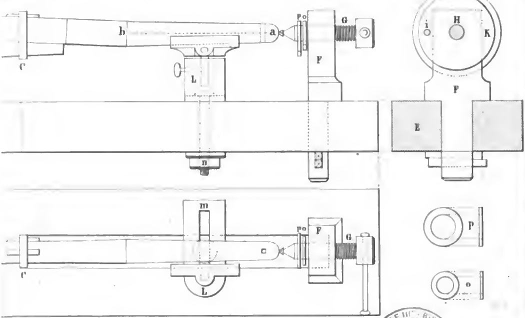


Fig. 144.



g. 146.



Ch. Eng del.

Fig. 150.

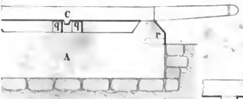


Fig. 152.

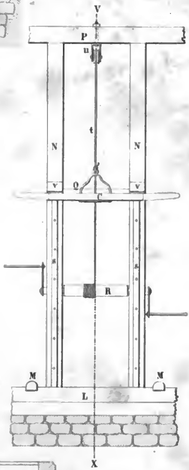
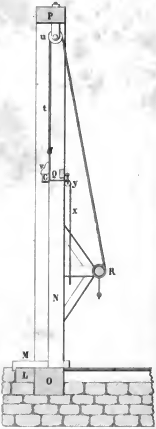
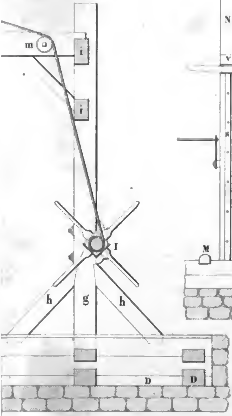


Fig. 153.



149.



Ch. Emy. del.